

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ECONOMÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y LOS FALLECIMIENTOS POR
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE
MONTERREY, NUEVO LEÓN.**

Por

ELSA MARÍA LÓPEZ GARCÍA

**Tesis presentada como requisito parcial para
Obtener el Grado de Maestría en Economía con especialidad en
Economía Industrial**

NOVIEMBRE 2009

La contaminación del aire y los fallecimientos por enfermedades respiratorias en el Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León.

Elsa María López García

Aprobación de Tesis:

Asesor de la Tesis

DR. MARCO VINICIO GÓMEZ MEZA

DR. PEDRO ANTONIO VILLEZCA BECERRA

DR. ERICK RANGEL GONZÁLEZ

DR. JULIO CÉSAR ARTEAGA GARCÍA
Director de la División de Estudios de Posgrado
De la Facultad de Economía, UANL
Noviembre, 2009.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1 Planteamiento del problema	4
2.2 Revisión de la literatura.....	4
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 Situación actual de la calidad de aire en el AMM.....	7
3.2 La contaminación y sus efectos	9
3.3 Características de los contaminantes	10
3.4 Ubicación de las estaciones de monitoreo en el AMM	13
4. HIPÓTESIS	14
5. JUSTIFICACIÓN	15
6. OBJETIVOS	17
7. MARCO EMPÍRICO.....	18
8. RESULTADOS.....	31
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
10. BIBLIOGRAFÍA	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de las ciudades por contaminantes (2005).....	7
Cuadro 2. Días que rebasan norma PM_{10} desde 1993 al 2008 en las cinco estaciones del AMM.....	8
Cuadro 3. Ubicación de las estaciones de monitoreo del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA).....	13
Cuadro 4. Nombre y definición de las variables de calidad de aire, meteorológicas, los fallecimientos causados por enfermedades respiratorias y neumonías e influencias.....	21
Cuadro 5. Descripción de las variables de los fallecimientos causados por enfermedades respiratorias clasificadas de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades CIE 9.....	22
Cuadro 6. Descripción de las variables de los fallecimientos causados por enfermedades respiratorias clasificadas de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades CIE 10/2.....	23
Cuadro 7. Porcentaje de datos faltantes en las series de calidad de aire y las variables meteorológicas.....	23
Cuadro 8. Estadísticos descriptivos de las series de calidad de aire y las variables meteorológicas con los datos faltantes.....	24
Cuadro 9. Estadísticos descriptivos de las series de calidad de aire y las variables meteorológicas	25
Cuadro 10. Resumen de los modelos ajustados para cada una de las estaciones del monitoreo del AMM.....	31
Cuadro 11. Resumen de los modelos ajustados de las enfermedades respiratorias en el AMM.....	31
Cuadro 12. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Sureste.....	32
Cuadro 13. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Sureste.....	33
Cuadro 14. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Noreste.....	34
Cuadro 15. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Noreste.....	35
Cuadro 16. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Centro.....	36
Cuadro 17. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Centro.....	37
Cuadro 18. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Noroeste.....	38

Cuadro 19. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Noroeste.....	39
Cuadro 20. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Suroeste.....	40
Cuadro 21. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Suroeste.....	41
Cuadro 22. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en el promedio de las estaciones del AMM.....	42
Cuadro 23. Valores de los pronósticos de calidad de aire en el promedio de las estaciones del AMM.....	43
Cuadro 24. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las enfermedades respiratorias total en el AMM.....	44
Cuadro 25. Valores de los pronósticos de las enfermedades respiratorias total para el AMM.....	45
Cuadro 26. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las enfermedades respiratorias en hombres en el AMM.....	46
Cuadro 27. Valores de los pronósticos de las enfermedades respiratorias en hombres en el AMM.....	47
Cuadro 28. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM.....	48
Cuadro 29. Valores de los pronósticos de las enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM.....	49
Cuadro 30. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las neumonías e influencias total en el AMM.....	50
Cuadro 31. Valores de los pronósticos de las neumonías e influencias total en el AMM.....	51
Cuadro 32. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las neumonías e influencias en hombres en el AMM.....	52
Cuadro 33. Valores de los pronósticos de las neumonías e influencias en hombres en el AMM.....	53
Cuadro 34. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las neumonías e influencias en mujeres en el AMM.....	54
Cuadro 35. Valores de los pronósticos de las neumonías de las neumonías e influencias en mujeres en el AMM.....	55
Cuadro 36. Resumen de los coeficientes de los modelos ajustados de las enfermedades respiratorias en el AMM.....	56
Cuadro 37. Resumen de los coeficientes de los modelos ajustados en las neumonías e influencias en el AMM.....	56

Cuadro 38. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales en las enfermedades respiratorias en el AMM.....	57
Cuadro 39. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos de hombres en las enfermedades respiratorias en el AMM.....	58
Cuadro 40. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos de mujeres en las enfermedades respiratorias en el AMM.....	59
Cuadro 41. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales en las neumonías e influencias en el AMM.....	60
Cuadro 42. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en los hombres en las neumonías e influencias en el AMM.....	61
Cuadro 43. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en las mujeres en las neumonías e influencias en el AMM.....	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Ubicación de las estaciones de monitoreo ambiental en el AMM.....	13
Gráfica 2. Series de tiempo de las variables de calidad de aire y meteorológicas con sus primeras diferencias, logaritmo y diferencia de logaritmo.....	26
Gráfica 3. Series de tiempo de los fallecimientos por enfermedades respiratorias.....	30
Gráfica 4. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Sureste del AMM.....	32
Gráfica 5. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Sureste del AMM.....	32
Gráfica 6. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Sureste del AMM.....	33
Gráfica 7. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noreste del AMM.....	33
Gráfica 8. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Noreste del AMM.....	34
Gráfica 9. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Noreste del AMM.....	34
Gráfica 10. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noreste del AMM.....	35
Gráfica 11. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noreste del AMM.....	35
Gráfica 12. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Centro del AMM.....	36
Gráfica 13. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Centro del AMM.....	36
Gráfica 14. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Centro del AMM.....	37
Gráfica 15. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Centro del AMM.....	37
Gráfica 16. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Noroeste del AMM.....	38
Gráfica 17. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Noroeste del AMM.....	38
Gráfica 18. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noroeste del AMM.....	39

Gráfica 19. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noroeste del AMM.....	39
Gráfica 20. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Suroeste del AMM.....	40
Gráfica 21. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Suroeste del AMM.....	40
Gráfica 22. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Suroeste del AMM.....	41
Gráfica 23. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Suroeste del AMM.....	41
Gráfica 24. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire del promedio de las estaciones del AMM.....	42
Gráfica 25. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire del promedio de las estaciones del AMM.....	42
Gráfica 26. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad del promedio de las estaciones aire del AMM.....	43
Gráfica 27. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire del promedio de las estaciones del AMM.....	43
Gráfica 28. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por enfermedades respiratorias totales en el AMM.....	44
Gráfica 29. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por enfermedades respiratorias totales en el AMM.....	44
Gráfica 30. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias totales en el AMM.....	45
Gráfica 31. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias totales en el AMM.....	45
Gráfica 32. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en hombres en el AMM...	46
Gráfica 33. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en hombres en el AMM...	46
Gráfica 34. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en hombres en el AMM...	47
Gráfica 35. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en hombres en el AMM.....	47
Gráfica 36. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM.....	48

Gráfica 37. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM.....	48
Gráfica 38. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM....	49
Gráfica 39. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM.....	49
Gráfica 40. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por neumonías e influencias totales en el AMM.....	50
Gráfica 41. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por neumonías e influencias totales en el AMM.....	50
Gráfica 42. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias totales en el AMM.....	51
Gráfica 43. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias totales en el AMM.....	51
5 Gráfica 44. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por neumonías e influencias en hombres en el AMM.....	52
Gráfica 45. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por neumonías e influencias en hombres en el AMM.....	52
Gráfica 46. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias en hombres en el AMM.....	53
Gráfica 47. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias en hombres en el AMM.....	53
Gráfica 48. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por neumonías e influencias en mujeres en el AMM.....	54
Gráfica 49. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por neumonías e influencias en mujeres en el AMM.....	54
Gráfica 50. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias en mujeres en el AMM.....	55
Gráfica 51. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias en mujeres en el AMM.....	55
Gráfica 52. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales causados por enfermedades respiratorias en el AMM.....	57
Gráfica 53. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales causados por enfermedades respiratorias en el AMM.....	57

Grafica 54. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales causados por enfermedades respiratorias en el AMM.....	57
Gráfica 55. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por enfermedades respiratorias en el AMM.....	58
Gráfica 56. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por enfermedades respiratorias en el AMM.....	58
Grafica 57. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por enfermedades respiratorias en el AMM.....	58
Gráfica 58. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por enfermedades respiratorias en el AMM.....	59
Gráfica 59. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por enfermedades respiratorias en el AMM.....	59
Grafica 60. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por enfermedades respiratorias en el AMM.....	59
Gráfica 61. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales causados por neumonías e influencias en el AMM.....	60
Gráfica 62. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales causados por neumonías e influencias en el AMM.....	60
Grafica 63. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales causados por neumonías e influencias en el AMM.....	60
Gráfica 64. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por neumonías e influencias en el AMM.....	61
Gráfica 64. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por neumonías e influencias en el AMM.....	61
Grafica 65. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por neumonías e influencias en el AMM.....	61
Gráfica 66. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por neumonías e influencias en el AMM.....	62

Gráfica 67. Función de autocorrelación parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por neumonías e influencias en el AMM.....	62
Grafica 68. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por neumonías e influencias en el AMM.....	62
Gráfica 69. Media del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta por mes....	69
Gráfica 70. Mediana del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta con los valores reales de los fallecimientos ocasionados por enfermedades respiratorias por mes....	69
Gráfica 71. Media del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta por año....	70
Gráfica 72. Mediana del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta con los valores reales de los fallecimientos ocasionados por enfermedades respiratorias por año....	70
Gráfica 73. Media del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta, los fallecimientos ocasionados por enfermedades respiratorias totales y la concentración de las PM_{10} anual.....	71

1. INTRODUCCIÓN

El problema de la contaminación atmosférica a nivel mundial no solo ocasiona impactos ambientales, sino además provoca fenómenos con múltiples efectos económicos y sociales, debido a una ineficiente planeación económica por parte de los países, para mejorar la calidad de vida de su población en una convivencia armónica con la naturaleza. El bajo desempeño de México en el control de emisiones de contaminantes se debe principalmente a la falta de conocimiento y concientización de la interrelación entre el medio ambiente y las actividades económicas. Debido a la creciente urbanización, el aumento del parque vehicular y la producción industrial han deteriorado la calidad del aire, principalmente, en las áreas urbanas del país. Por eso, los gobiernos, a través de sus dependencias ambientales y de legislación, deberán diseñar estrategias que incidan en la disminución de este tipo de contaminación, estableciendo niveles máximos permisibles de emisiones, promocionando la aplicación de nuevas tecnologías, aplicando programas con respecto al parque vehicular, entre otros, para minimizar sus efectos nocivos sobre la salud, la economía y el medio ambiente. Lo que hace necesario una planeación económica que incorpore los factores ambientales.

En México, la región más afectada por la contaminación del aire es la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), en donde se concentraba un padrón vehicular de alrededor de 3.5 millones de automóviles en 2008. Esta zona es el mayor mercado de América Latina y su crecimiento poblacional e industrial viene acompañado evidentemente de mayores emisiones de contaminantes al ambiente. En este sentido, y dada la información disponible, la ZMVM es objeto de estudio y de medidas tendientes a conocer la problemática y a reducir la contaminación del aire. Pero, conforme se van descentralizando las actividades productivas y desarrollando otras regiones de México el suceso de la contaminación del aire se ha

generalizado. Entre estas, destaca el Área Metropolitana de Monterrey (AMM)¹, que en el 2008 contaba con casi 1.7 millones de autos registrados en circulación y 3.7 millones de habitantes. El dinamismo generado, impacta a su vez en los niveles poblacionales, propiciando una mayor emisión de gases y partículas al ambiente, deteriorando aún más la calidad de aire. Por tanto, desde esta perspectiva, resulta interesante abordar el tema de la contaminación del aire en el AMM.

La situación ambiental del AMM presenta serios problemas con el deterioro de la calidad de aire, principalmente con las altas concentraciones de las partículas suspendidas menores a 10 micras (PM_{10}) y el ozono (O_3)². La polución del aire genera externalidades negativas a la población. Daña a la economía dado el creciente gasto gubernamental y privado en salud y por las pérdidas en la producción. Afecta a los lagos, la flora y la fauna. Causa neblina, disminuyendo la visibilidad en el ámbito de la aviación y propician accidentes carreteros. Produce el deterioro de edificios, estatuas, monumentos y otras estructuras.

Bajo este contexto, lo más preocupante es la actitud tomada por parte de las autoridades competentes en el control y vigilancia de emisiones de contaminantes. Las normas ambientales que se han desarrollado para el AMM han fomentado poner en marcha acciones mediáticas y de control insuficientes.

Un adecuado conocimiento del comportamiento de las PM_{10} y la predicción de sus futuros valores, permitirán una eficiente implementación de acciones de control y vigilancia de la emisión de este contaminante, particularmente en áreas densamente industrializadas y pobladas como es el AMM.

¹ El AMM está integrada por los siguientes municipios: Apodaca, Escobedo, García, Guadalupe, Juárez, Monterrey, San Nicolás de los Garza, San Pedro Garza García y Santa Catarina.

² Las partículas suspendidas y el ozono son contaminantes criterio en la evaluación de la calidad de aire.

Por lo anterior, reconocer la importancia del medio ambiente en la planeación económica, permitirá avanzar en la gestión para mejorar la calidad de aire. En este sentido los resultados del presente estudio serán de utilidad, para la implementación de acciones de control y vigilancia de las emisiones de contaminantes en el AMM.

Este trabajo lleva a cabo una aplicación de las metodologías de Box-Jenkins y Modelo de Regresión de Poisson para la realización del pronóstico de la calidad de aire y la relación de la contaminación del aire por PM_{10} con los fallecimientos por enfermedades respiratorias en el AMM.

La organización del trabajo de investigación consta de nueve capítulos. En el siguiente capítulo se menciona los antecedentes, en donde se presenta el planteamiento del problema, así como además de una revisión de literatura en estudios de análisis de relación de la contaminación de aire por PM_{10} con las enfermedades y/o fallecimientos causadas por enfermedades respiratorias y estudios de pronósticos de la calidad de aire. En el capítulo tercero se describe el Marco Teórico, en el capítulo cuarto se establecen las hipótesis de la investigación, en el capítulo quinto se menciona la justificación de la misma; y en el capítulo sexto los objetivos. En el capítulo séptimo se describe el Marco Empírico. En el capítulo octavo se presentan los resultados de las estimaciones; y finalmente en el último capítulo se describen las conclusiones y recomendaciones.

2. ANTECEDENTES

2.1 Planteamiento del problema

El desarrollo industrial y urbano en las áreas metropolitanas como en las grandes ciudades, se puede enfrentar a la problemática de los altos índices de contaminación. La situación ambiental del AMM es desalentadora pues presenta serios problemas en el deterioro de la calidad de aire. En relación a la contaminación atmosférica monitoreada por el AMM, con respecto a las áreas metropolitanas del país, se ubica en el 3er. lugar con respecto al ozono y las partículas suspendidas menores a 10 micras. Es entonces que el AMM expone a su población a una mala calidad de aire.

El crecimiento y desarrollo poblacional sin una planeación urbana, el proceso de industrialización, las condiciones geográficas y meteorológicas, el desorganizado e ineficiente sistema de transporte público, la demanda en el uso de automóviles y consumo de combustibles, la calidad de los combustibles, y el envejecimiento del padrón vehicular por más de 10 años de antigüedad, surgen como las determinantes más importantes en el deterioro de la calidad de aire provocando así problemas en la salud pública.

2.2 Revisión de la literatura

Hernández et al (2000) analizan la relación entre las concentraciones de las partículas suspendidas menores a 10 micras y de ozono con el número diario de consultas de urgencias por enfermedades respiratorias agudas y asma en niños menores de 15 años, de la población de Cd. Juárez, Chihuahua, México, durante los años de 1998 y 1999. El análisis se realiza con la metodología de series de tiempo que utiliza el modelo de regresión de Poisson. El modelo estima que un incremento de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio de 24 horas, la exposición de

la población con las partículas suspendidas menores a las 10 micras se relaciona un incremento de 4.97 % en las consultas por asma. Encuentran asociaciones positivas entre las concentraciones de las partículas suspendidas menores a 10 micras y el número de consultas por asma y enfermedades respiratorias aun cuando la concentración no rebasan los límites permisibles de las normas ambientales mexicanas.

Reyna et al (2003) identifican el impacto de las partículas suspendidas menores a 10 micras como causa de las principales enfermedades respiratorias bajo las condiciones meteorológicas de la temperatura y la humedad relativa de la cuenca fronteriza Mexicali/Imperial para el periodo de 1997 al 2000. Se emplea el modelo de regresión de Poisson encuentran que la temperatura tiene un efecto muy importante sobre el asma, neumonía y las infecciones respiratorias agudas; la humedad relativa tiene un efecto mínimo sobre las infecciones respiratorias agudas y nulo sobre la neumonía y el asma; y las partículas suspendidas menores a 10 micras tiene efecto sobre el asma y las infecciones respiratorias agudas.

Sánchez et al (1999) encuentran que la salud respiratoria en niños residentes en el área industrial de Puchuncaví, Chile durante 1996, se ve afectada por los altas concentraciones de las partículas suspendidas menores a 10 micras y el bióxido de azufre en la atmósfera.

Ostro (1998) cuantifica los impactos de las partículas suspendidas menores a 10 micras y a priorizar las políticas públicas respecto al control de la contaminación en Santiago, Chile. Propone una metodología de series de tiempo que relacionan cambios diarios en la contaminación atmosférica con la incidencia diaria de un efecto sobre la salud. Señala la relación entre la exposición de las partículas suspendidas menores a 10 micras y mortalidad. Los resultados muestran que un cambio en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentración de las partículas suspendidas menores a 10 micras se asocia con 1 % en mortalidad.

García et al (2006) presentan las tendencias en las concentraciones de los óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas suspendidas menores a 10 micras en el municipio de Santa Catarina, N.L. para el primer semestre del 2006. Concluyen que las condiciones meteorológicas influyen sobre la dispersión de los contaminantes en la atmósfera, observaron una relación inversamente proporcional, especialmente en el caso de la humedad y velocidad del viento, observaron una disminución en la concentración de los óxidos de nitrógeno y las partículas suspendidas menores a 10 micras. Las pedreras son la principal fuente de emisión de las partículas en el área metropolitana de Monterrey, NL.

Guajardo y Arrambide (2002) estiman índices de intensidad de generación para seis contaminantes del aire: partículas suspendidas totales, bióxido de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y plomo para el área metropolitana de Monterrey, NL. Construyeron un modelo insumo-producto que incorpora la interdependencia de la estructura económica y la generación de contaminantes. Concluyen que los índices reflejan los efectos directos, indirectos e inducidos de la generación de los seis contaminantes atmosféricos. Sin embargo, sugieren que los problemas de la contaminación y el diseño de políticas para combatirla deben apoyarse en estudios de investigación.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Situación actual de calidad de aire en el AMM

El Instituto Nacional de Ecología (2007) realizó un análisis de las ciudades en las que se presentan mayores concentraciones de emisiones. De la cual se observa que en el área metropolitana de Monterrey presenta serios problemas con las PM_{10} y el O_3 , en las que se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de las ciudades por contaminantes (2005)

Contaminante	ZMVM	ZMG	ZMVT	Puebla	Salamanca	AMM*	Ciudad Juárez	Tijuana	Mexicali
PM_{10}	6°	5°	2°	8°	NA	3°	4°	7°	1°
O_3	1°	2°	4°	7°	NA	3°	5°	8°	6°
CO	5°	2°	4°	8°	NA	6°	3°	7°	1°
SO_2	2°	5°	3°	6°	1°	4°	NA	8°	7°
NO_2	2°	1°	4°	7°	NA	6°	NA	5°	3°

NA: no aplica

Fuente: Tercer almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades mexicanas publicado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y El Instituto Nacional de Ecología (INE) (2007).

* ZMM ha sido modificado para seguir con la misma nomenclatura inicial por AMM.

De acuerdo al cuadro anterior se puede constatar que el AMM ocupa el tercer lugar a nivel nacional como el área más contaminada en lo que se refiere a PM_{10} y O_3 . Superando así a la ZMVM y la ZMG en lo que respecta a PM_{10} . Mientras que en el SO_2 ocupa el cuarto lugar. Las concentraciones de CO y el NO_2 ubican el AMM en el sexto lugar nacional.

El AMM presenta un incremento acelerado en los últimos seis años en la frecuencia de los días que sobrepasa la norma, ver cuadro 2.

Cuadro 2. Días que rebasan norma PM_{10} desde 1993 al 2008 en las cinco estaciones del AMM

Año/Estación	SURESTE	NORESTE	CENTRO	NOROESTE	SUROESTE
1993	0	2	0	32	19
1994	3	11	15	47	51
1995	0	10	3	23	11
1996	2	10	5	34	9
1997	0	4	3	4	1
1998	2	2	1	7	12
1999	16	53	5	20	8
2000	4	0	1	15	11
2001	11	21	13	28	79
2002	8	33	20	78	93
2003	21	31	14	59	111
2004	2	15	19	49	94
2005	2	26	36	61	114
2006	7	72	63	126	187
2007	16	53	34	93	134
2008	30	78	42	85	161

El nivel de calidad de vida de los habitantes del AMM se ha visto afectada por la emisión de PM_{10} , provenientes de las fuentes fijas como son la industria de minerales no metálicos, industria química, las termoeléctricas, y de las fuentes móviles como los camiones de pasajeros, carga y particulares³.

Con esta visión global, queda claro lo importante que es conocer y comprender el comportamiento histórico y las tendencias de las PM_{10} en las áreas críticas de la metrópoli, lo cual debe permitir establecer mejores acciones de control y vigilancia, para que el nivel de calidad de vida de la población no se vea afectada por la polución del aire.

³ Gobierno del estado de Nuevo León, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud, Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997 -2000, 1997.

3.2 La contaminación y sus fuentes

“Se entiende por contaminación, la presencia en el ambiente de uno o más componentes (materia o energía) o de cualquier combinación de ellas que cause desequilibrio ecológico.”⁴

La contaminación ocasiona problemas de salud para los humanos y animales, perjudica a la vegetación. Produce deterioro en edificios, vestimenta y otros objetos. Es producto de las actividades de la sociedad consumista e industrial actual, donde acciones como usar el automóvil, encender una fogata, elaborar un producto, generar electricidad, son suficientes para dañar la calidad del aire y, por ende, esto repercute en la salud humana y los ecosistemas.

Para combatir la polución es menester identificar de donde proviene, es decir, sus fuentes. Al detectar su origen y una vez conociendo los efectos de la contaminación, las autoridades deberán establecer mejores medidas que ayuden a reducirla.

Las fuentes de contaminación⁵ se han clasificado en móvil, estacionarias, naturales y del área. La primera incluye a los autos, aviones, locomotoras y autobuses; emiten principalmente monóxido de carbono y en menor medida óxidos de nitrógeno. La siguiente contempla las plantas de energía, de la industria química, de refinación, fábricas, etc.; emiten bióxido de azufre y algunas partículas. Como fuente natural se conoce a los eventos de la naturaleza como erupciones volcánicas, la actividad geotérmica y los rayos; emiten óxidos de nitrógeno y de azufre. La última se refiere a una serie de fuentes pequeñas, numerosas y dispersas que pueden afectar la calidad del aire en una región, como cocinar en casa con leña, las gasolineras, quemar basura en el patio trasero, etc.

⁴ Ley Federal para el equilibrio ecológico y protección al ambiente (1988).

⁵ Con información obtenida en la página web <http://www.conam.gob.pe/aire/abc/contaminantes.html> y en la del Instituto Nacional de Ecología http://www.ine.gob.mx/dgicurg/cal aire/cont_aire.html

3.3 Características de los contaminantes

Monóxido de carbono (CO)

El CO es un gas inodoro e incoloro. Sus principales fuentes de emisiones son las de origen natural y antropogénica: las primeras son generadas por incendios forestales, así como también por procesos propios de los océanos. Y los últimos se producen por la combustión incompleta vehicular, industrial y las actividades domésticas en menor proporción.

El efecto dañino de este contaminante radica en la combinación con la hemoglobina para formar carboxihemoglobina y al mismo tiempo se disminuye la oxihemoglobina provocando deficiencia de oxígeno en los tejidos.

La norma oficial mexicana NOM-021-SSA1-1993 establece lo siguiente: La concentración de monóxido de carbono, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de 11.00 ppm o lo que es equivalente a $12,595 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio móvil de ocho horas una vez al año, como protección a la salud de la población susceptible.

Bióxido de azufre (SO₂)

El SO₂ se genera de fuentes naturales, como de la combustión de compuestos de azufre. Es un compuesto hidrosoluble formando ácidos altamente agresores. Se asocia con la humedad, irritación e inflamación de las mucosas conjuntivales y respiratorias.

La combinación de SO₂ con las partículas suspendidas totales, en condiciones favorables para su acumulación y permanencia en el aire, ha incrementado los casos de morbilidad y mortalidad en enfermos crónicos del corazón y vías respiratorias.

La norma oficial mexicana NOM-022-SSA1-1993 establece lo siguiente: La concentración de bióxido de azufre, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el límite máximo normado de 0.13 ppm o lo que es equivalente a $341 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en 24 horas una vez al año, y 0.03 ppm ($79 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en una media aritmética anual, para protección a la salud de la población susceptible.

Ozono (O_3)

El O_3 es un compuesto altamente oxidante. Afecta materiales orgánicos e inorgánicos. Modificando la oxidación en el sistema celular, en la que intervienen diferentes tipos de enzimas.

Los efectos perjudiciales van desde síntomas y enfermedades respiratorias y el aumento de mortalidad en las personas con enfermedades cardíacas y respiratorias.

La norma oficial mexicana NOM-020-SSA1-1993 establece para efectos de protección a la salud de la población más susceptibles. La concentración de ozono, como contaminante atmosférico, debe ser menor o igual a 0.110 ppm o lo que es equivalente a $216 \mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio horario, para no ser rebasado una vez al año, y 0.08 ppm o lo que es equivalente a $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el promedio de ocho horas, tomado como el quinto máximo anual.

Bióxido de nitrógeno (NO_2)

El NO_2 su principal fuente de emisión son los procesos de combustión. Es un contaminante primario y también interviene en la formación de ozono. Constituye un efecto perjudicial en las vías respiratorias, ya que es el encargado de iniciar, reactivar y alterar el proceso inflamatorio en los casos de bronquitis crónica.

La norma oficial mexicana NOM-023-SSA1-1993 establece lo siguiente: La concentración de bióxido de nitrógeno, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el límite máximo normado de 0.21 ppm o lo que es equivalente a $395 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en una hora una vez al año, como protección a la salud de la población susceptible.

Partículas menores a diez micras (PM_{10})

Las partículas suspendidas en el aire están conformadas por material sólido o líquido con un intervalo de tamaño que va desde $0.005 \mu\text{m}$ hasta $100 \mu\text{m}$. Son generadas por fuentes antropogénicas y naturales.

La toxicidad de las partículas, está definida por su tamaño, que se mide en términos de diámetro aerodinámico, caracteriza su capacidad de penetración y retención en las diferentes partes de las vías aéreas respiratorias, como su tiempo de permanencia en el aire perjudicando a la población.

La norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-1993 establece lo siguiente: La concentración de las partículas menores a 10 micras, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el límite permisible de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en 24 horas una vez al año y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un promedio anual, para la protección a la salud de la población susceptible.

3.4 Ubicación de las estaciones de monitoreo en el AMM

La ubicación de las estaciones fijas, dependió de varios factores como el tamaño del área, la topografía de la zona, la dispersión de contaminantes, para lo cual fue necesario tomar en cuenta estudios meteorológicos, de usos de suelo de la zona metropolitana y la densidad de población. Este último fue el factor determinante de decisión debido al interés de conocer el impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población.

Gráfica 1. Ubicación de las estaciones de monitoreo ambiental en el AMM



Cuadro 3. Ubicación de las estaciones de monitoreo del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA)

Estación	Ubicación	Municipio
Sureste	Parque Zoológico La Pastora	Guadalupe
Noreste	Col. Unidad Laboral	San Nicolás de los Garza
Centro	Col. Obispado	Monterrey
Noroeste	Col. San Bernabé	Monterrey
Suroeste	Zona Centro	Santa Catarina

4. HIPÓTESIS

El presente trabajo de investigación se plantea las siguientes hipótesis:

- El incremento en la contaminación del aire por las PM_{10} seguirá en aumento en el AMM en los próximos meses.
- Los fallecimientos ocasionados por enfermedades respiratorias en la población del AMM está directamente asociada con la contaminación del aire por las PM_{10} .

5. JUSTIFICACIÓN

En México, resulta complejo entender los instrumentos económicos y fiscales para afrontar la problemática del deterioro ambiental. Es inconcebible que ante la crítica situación ambiental que impacta la salud pública, no se exija una reestructuración de dichos instrumentos. Por medio de la recaudación de impuestos así como la restricción de otorgamiento de permisos y licencias. Incentivar cambios en el comportamiento de los agentes económicos en el que asuman los costos a los daños ambientales y de salud. El AMM no es la excepción, que se caracteriza por su actividad económica en el desarrollo industrial, comercial y urbano, sin mencionar la derrama económica y bienestar social que ofrece a la población siendo que las autoridades competentes en ocasiones no poseen la preparación adecuada para gestionar en la mitigación de la contaminación del aire. Como sería la integración de un grupo interdisciplinario que se encargue de analizar, diagnosticar, evaluar para prevenir el impacto de la contaminación del aire, sobre la disminución en el nivel de calidad de vida de los ciudadanos, siendo que los efectos negativos ocasionados a la sociedad y medio ambiente son daños irreversibles con costos sociales muy altos. Los problemas de los altos índices de contaminación son focos de alerta, que nos indica que se está en el tiempo adecuado y preciso para tomar acciones de control y vigilancia, en la emisión de contaminantes para la protección del medio ambiente y la salud pública. Los expertos en políticas económicas son los encargados de señalar las acciones a seguir, para llevar a cabo una eficiente planeación económica, sin perjudicar el bienestar social de la población.

Por lo anterior, el presente trabajo de investigación surge de la necesidad de contar con información relevante, ante el insuficiente control y vigilancia en las emisiones de contaminantes para el mejoramiento de la calidad del aire en el AMM. Debido a la falta de conocimiento y concientización acerca de la relación entre el ambiente, sociedad y los aspectos económicos, no se ha logrado mejorar la calidad del aire en México.

Contar con información relevante, el estudio de la problemática de la contaminación y la relación de este fenómeno ambiental con el deterioro de la salud de sus habitantes, es vital como herramienta, en el establecimiento de acciones de control ambiental en el mejoramiento de la salud pública.

6. OBJETIVOS

El presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

Predecir el comportamiento futuro de las PM_{10} en el AMM, para que pueda ser utilizado como herramienta en el establecimiento de mejores medidas de control y vigilancia, implementando estrategias tecnológicas, normativas y económicas.

Analizar la relación de la contaminación del aire por las PM_{10} con los fallecimientos ocasionados por enfermedades respiratorias en el AMM, para que sea utilizado como herramienta en el establecimiento de políticas públicas en la protección de la salud de la población como también en el deterioro de la calidad ambiental.

7. MARCO EMPÍRICO

Serie de tiempo es el registro de un conjunto de datos ordenados que se obtienen en periodos regulares a través del tiempo. Con la finalidad de analizar el comportamiento de diversos fenómenos como en la economía, físicos, geofísica, química, electricidad, demografía, telecomunicaciones con el objetivo de llevar a cabo la planeación y toma de decisiones.

Una serie estacionaria es aquella cuyos momentos no varían a través del tiempo. Estos momentos del proceso son:

Función media $\mu(t) = E[X(t)]$

Función varianza $\sigma^2(t) = Var[X(t)]$

Función autocovarianza $\gamma(t_1, t_2) = E[(X(t_1) - \mu(t_1))[X(t_2) - \mu(t_2)]]$

Uso de operadores y polinomios de retraso en los modelos

El operador de retraso se define mediante la relación

$$BZ_t = Z_{t-1} \quad \text{para toda } t$$

La expresión general queda

$$B^k Z_t = Z_{t-k} \quad \text{para } k=0,1,2,\dots \text{ y toda } t$$

El operador de diferencia se define

$$\nabla Z_t = Z_t - Z_{t-1} \quad \text{para toda } t$$

Los promedios móviles se representan

$$Z_t - \mu = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t$$

en donde $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ son parámetros que relacionan las sucesiones a_t y Z_t

$$Z_t - \mu = \theta(B) a_t.$$

Así mismo, los modelos autorregresivos, se definen

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(Z_t - \mu) = a_t$$

en donde $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ son parámetros

$$\phi(B)(Z_t - \mu) = a_t.$$

A las combinaciones de los modelos anteriores, se les llama modelos autorregresivos de promedios móviles

$$\phi(B)(Z_t - \mu) = \theta(B)a_t.$$

Los modelos autorregresivos integrados y de promedios móviles se obtienen de los polinomios de retraso y del operador de diferencia

$$\phi(B)\nabla^d Z_t = \theta(B)a_t.$$

Para ajustar un modelo ARIMA se sigue un procedimiento iterativo que requiere el seguimiento ordenado de las cuatro etapas fundamentales como son: identificación, estimación de los parámetros, verificación de los supuestos y uso del modelo. Si el modelo estimado en la segunda etapa es satisfactorio, es de esperarse que en la etapa de validación, los residuos del modelo sean independientes entre sí (serie de ruido blanco). Si aún se observan patrones de asociación entre los residuos, es necesario modificar el modelo propuesto. Una vez que un modelo ha sido validado, se procederá a estimar los valores de los pronósticos.

Los modelos de regresión Poisson sirven para modelizar fenómenos en los que la variable dependiente toma valores enteros positivos ($Y_i = 0, 1, 2, \dots$).

La probabilidad de distribución de Poisson es la siguiente:

$$f(Y) = \frac{\mu^Y \exp(-\mu)}{Y!}$$

La teoría asume que en una distribución Poisson la varianza y la media son iguales.

$$E Y = \mu$$

$$\sigma^2 = \mu$$

Nelder y Wedderburn estudiaron los Modelos Lineales Generalizados extendiendo la teoría de modelos lineales, incorporando de esta manera la posibilidad de modelar variables respuestas continuas o categóricas. Incluyendo el modelo de regresión Poisson como parte de esta familia.

Las clases de los modelos lineales generalizados:

- a) Y_1, \dots, Y_n son n respuestas independientes que siguen una distribución de probabilidad perteneciente a la familia exponencial de distribución de probabilidad, con valor esperado de $E(Y_i) = \mu_i$

- b) Un predictor lineal basado en las variables predictivas $X_{i1}, \dots, X_{i,p-1}$ es utilizado, y denotado por $X_i' \beta$:

$$X_i' \beta = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_{p-1} X_{i,p-1}$$

- c) Función enlace g relaciona el predictor lineal con el valor esperado de la variable respuesta:

$$X_i' \beta = g(\mu_i)$$

Estimaciones

Se generó una base de datos con los fallecimientos causadas por enfermedades respiratorias y otra base de datos con las variables de calidad de aire para el AMM. La primera base de datos contiene las series mensuales de fallecimientos por enfermedades respiratorias y neumonías e influenza. Cada serie de tiempo fue capturada de los reportes de la Secretaría de Salud del Estado de Nuevo León, los cuales fueron obtenidos de los Estadísticos de Mortalidad del INEGI para los años de 1993 al 2007. La segunda base de datos esta compuesta por las series mensuales de concentración de PM_{10} , temperatura media, máxima y mínima, dirección y velocidad del viento actualizada hasta el mes de abril del 2009. Los datos de calidad de aire fueron proporcionados por el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA), la cual tiene instaladas en funcionamiento cinco estaciones de monitoreo ambiental en distintos puntos del AMM.

Primero se procedió a realizar el análisis descriptivo de todas las variables con el propósito de conocer su comportamiento histórico. Después se determinó, si la serie requería de alguna transformación para estabilizar la varianza. Graficando de la siguiente manera las series, sin transformación alguna, con logaritmo, con las primeras diferencias de las series a nivel y finalmente con logaritmos.

Para la elección del modelo final se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Buscar la significancia de las estimaciones de los parámetros.
- Analizar las funciones de autocorrelación simple y parcial.
- Analizar los valores reales con los ajustados.

En los resultados además de presentar los valores de los pronósticos, se muestran los valores de p, con sus coeficientes del último ajuste; los gráficos de correlación simple y parcial de los residuales de los modelos ajustados, lo cual indican el residual del pronóstico y del Modelo de regresión Poisson, se encuentran dentro del límite de ajuste.

Cuadro 4. Nombre y definición de las variables de calidad de aire, meteorológicas, los fallecimientos causadas por enfermedades respiratorias y neumonías e influencias

Variables de calidad de aire	
SE_CON	Concentración media mensual de las PM10 en la estación Sureste del AMM
NE_CON	Concentración media mensual de las PM10 en la estación Noreste del AMM
C_CON	Concentración media mensual de las PM10 en la estación Centro del AMM
NO_CON	Concentración media mensual de las PM10 en la estación Noroeste del AMM
SO_CON	Concentración media mensual de las PM10 en la estación Suroeste del AMM
Variables meteorológicas	
SE_TEMP	Temperatura media mensual en la estación Sureste del AMM
NE_TEMP	Temperatura media mensual en la estación Noreste del AMM
C_TEMP	Temperatura media mensual en la estación Centro del AMM
NO_TEMP	Temperatura media mensual en la estación Noroeste del AMM
SO_TEMP	Temperatura media mensual en la estación Suroeste del AMM
SE_DIR	Dirección del viento media mensual en la estación Sureste del AMM
NE_DIR	Dirección del viento media mensual en la estación Noreste del AMM
C_DIR	Dirección del viento media mensual en la estación Centro del AMM
NO_DIR	Dirección del viento media mensual en la estación Noroeste del AMM

SO_DIR	Dirección del viento media mensual en la estación Suroeste del AMM
SE_VEL	Velocidad del viento media mensual en la estación Sureste del AMM
NE_VEL	Velocidad del viento media mensual en la estación Noreste del AMM
C_VEL	Velocidad del viento media mensual en la estación Centro del AMM
NO_VEL	Velocidad del viento media mensual en la estación Noroeste del AMM
SO_VEL	Velocidad del viento media mensual en la estación Suroeste del AMM
SE_TMAX	Temperatura máxima media mensual en la estación Sureste del AMM
NE_TMAX	Temperatura máxima media mensual en la estación Noreste del AMM
C_TMAX	Temperatura máxima media mensual en la estación Centro del AMM
NO_TMAX	Temperatura máxima media mensual en la estación Noroeste del AMM
SO_TMAX	Temperatura máxima media mensual en la estación Suroeste del AMM
SE_TMIN	Temperatura mínima media mensual en la estación Sureste del AMM
NE_TMIN	Temperatura mínima media mensual en la estación Noreste del AMM
C_TMIN	Temperatura mínima media mensual en la estación Centro del AMM
NO_TMIN	Temperatura mínima media mensual en la estación Noroeste del AMM
SO_TMIN	Temperatura mínima media mensual en la estación Suroeste del AMM
PROM_CON	Promedio de la concentración de las PM10 de las cinco estaciones
PROM_TEMP	Promedio de la temperatura de las cinco estaciones
PROM_DIR	Promedio de la dirección del viento de las cinco estaciones
PROM_VEL	Promedio de la velocidad del viento de las cinco estaciones

Variables de los fallecimientos por enfermedades respiratorias

m_t_er	Fallecimientos totales causadas por enfermedades respiratorias
m_h_er	Fallecimientos en hombres causadas por enfermedades respiratorias
m_m_er	Fallecimientos en mujeres causadas por enfermedades respiratorias

Variables de los fallecimientos por neumonías e influencias

m_t_ni	Fallecimientos totales causadas por neumonías e influencias
m_h_ni	Fallecimientos en hombres causadas por neumonías e influencias
m_m_ni	Fallecimientos en mujeres causadas por neumonías e influencias

Cuadro 5. Descripción de las variables de los fallecimientos causados por enfermedades respiratorias clasificadas de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades CIE 9

Causas detalladas CIE 9

Enfermedades del aparato respiratorio

- Infecciones respiratorias agudas (460-466)
 - Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores (470-478)
 - Neumonía e influenza (480- 487)
 - Enfermedad pulmonar obstructiva crónica y afecciones afines (490- 496)
 - Neumoconiosis y otras enfermedades pulmonares debidas a agentes externos (500-508)
 - Otras enfermedades del aparato respiratorio (510- 519)
-
-

Cuadro 6. Descripción de las variables de los fallecimientos causados por enfermedades respiratorias clasificadas de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades CIE 10/2

Causas detalladas CIE 10/2
Enfermedades del sistema respiratorio (J00- J99)
<ul style="list-style-type: none"> • Infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20- J22) • Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores (J30- J39) • Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (J40-J47) • Enfermedades del pulmón debidas a agentes externos (J60- J70) • Otras enfermedades de las vías respiratorias que afectan principalmente al intersticio (J80-J84) • Afecciones supurativas y necróticas de las vías respiratorias inferiores (J85-J86) • Otras enfermedades del pleura (J90-J94) • Otras enfermedades del sistema respiratorio (J95-J99)

Se debe aclarar que durante algunos periodos los datos son escasos o nulos, debido tal vez a fallas en la instrumentación de la estación correspondiente o a mantenimiento de equipo, por tal motivo, es importante señalar el porcentaje de datos faltantes en cada caso.

El porcentaje de los datos faltantes sobre la calidad de aire y las variables meteorológicas se estimaron por medio de promedio siendo para los casos en que estuvieran dos datos consecutivos y para cuando fueran más de dos datos consecutivos se procedió a realizar su pronóstico.

Cuadro 7. Porcentaje de datos faltantes en las series de calidad de aire y las variables meteorológicas

	SE	NE	C	NO	SO
Concentración de PM10	2.04%	13.78%	1.53%	5.61%	2.04%
Temperatura media mensual	1.02%	2.55%	6.12%	5.10%	0.00%
Temperatura máxima media mensual	1.02%	4.59%	10.71%	9.69%	0.00%
Temperatura mínima media mensual	1.02%	3.06%	6.63%	5.10%	0.00%
Dirección promedio mensual del viento	1.53%	2.04%	4.08%	4.59%	0.51%
Velocidad promedio mensual del viento	1.53%	2.04%	6.63%	4.08%	0.51%

Cuadro 8. Estadísticos descriptivos de las series de calidad de aire y las variables meteorológicas con los datos faltantes

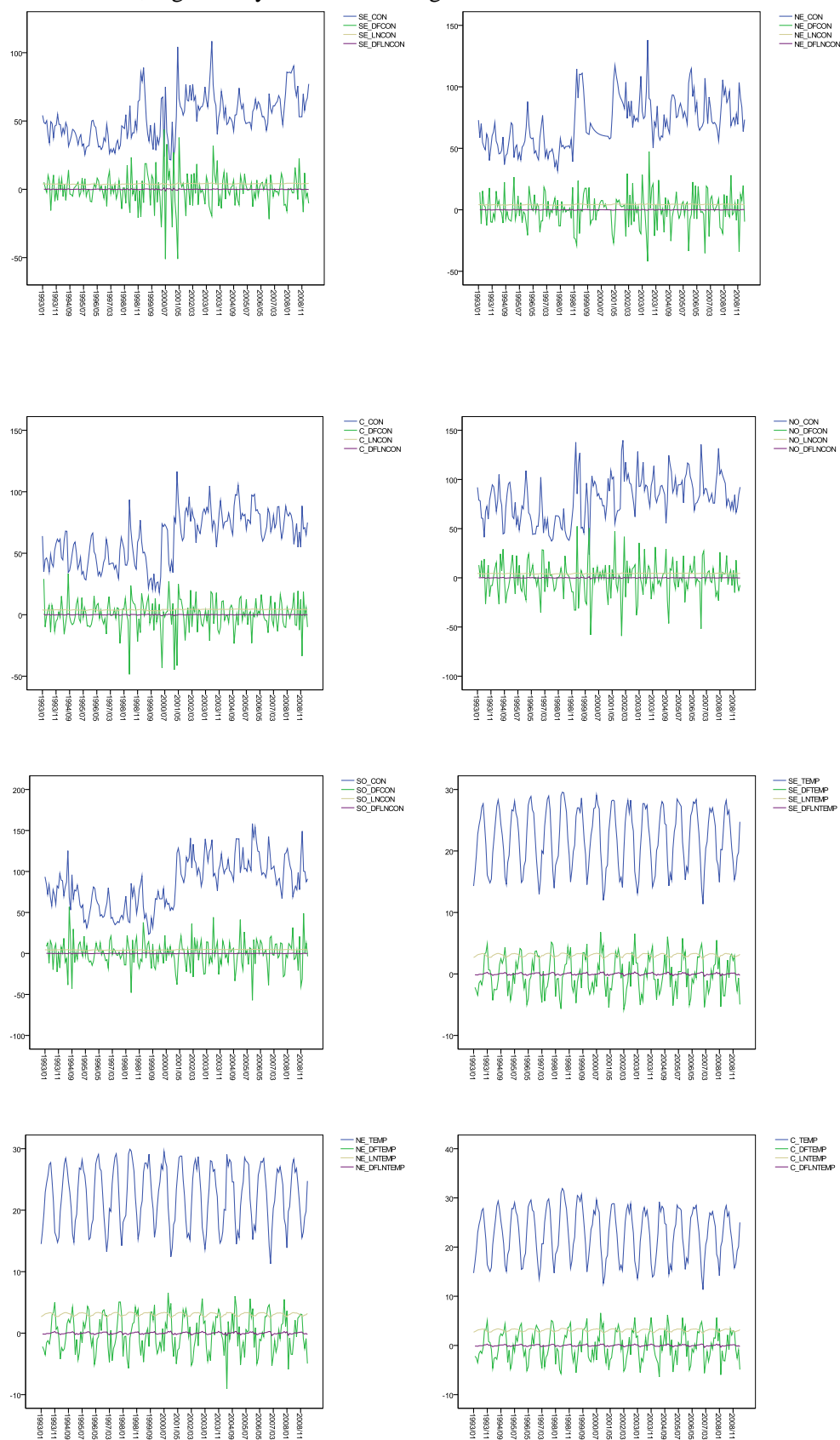
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.	Asimetría		Curtosis	
						Estadístico	Error Est.	Estadístico	Error Est.
SE_CON	192	21.509	108.388	52.436	16.476	0.498	0.175	0.204	0.349
NE_CON	169	31.828	138.012	71.986	20.449	0.371	0.187	-0.277	0.371
C_CON	193	17.961	116.426	62.240	20.450	-0.087	0.175	-0.774	0.348
NO_CON	185	23.658	139.766	81.305	22.342	0.034	0.179	-0.148	0.355
SO_CON	192	23.461	158.328	84.987	30.168	0.125	0.175	-0.700	0.349
SE_TEMP	194	11.359	29.566	21.977	4.865	-0.235	0.175	-1.240	0.347
NE_TEMP	191	11.273	29.911	22.400	4.845	-0.282	0.176	-1.206	0.350
C_TEMP	184	11.344	31.903	22.685	5.050	-0.222	0.179	-1.179	0.356
NO_TEMP	186	11.688	29.869	22.069	4.776	-0.251	0.178	-1.186	0.355
SO_TEMP	196	10.515	30.300	21.346	4.993	-0.222	0.174	-1.243	0.346
SE_DIR	193	49.562	140.233	88.925	10.869	0.562	0.175	3.744	0.348
NE_DIR	192	24.529	137.628	81.465	23.787	-0.366	0.175	-0.700	0.349
C_DIR	188	21.751	107.166	64.256	16.571	0.099	0.177	-0.596	0.353
NO_DIR	187	5.129	178.705	97.788	25.876	-0.423	0.178	1.426	0.354
SO_DIR	195	70.077	184.306	101.424	9.764	3.184	0.174	27.053	0.346
SE_VEL	193	0.651	14.963	6.225	3.498	0.544	0.175	-0.506	0.348
NE_VEL	192	0.538	11.915	5.540	2.581	0.459	0.175	-0.403	0.349
C_VEL	183	1.440	8.641	4.440	1.744	0.339	0.180	-0.723	0.357
NO_VEL	188	0.132	14.836	5.751	3.290	0.483	0.177	-0.616	0.353
SO_VEL	195	1.526	11.318	6.065	2.396	0.229	0.174	-0.803	0.346
SE_TMAX	194	26.450	43.200	0.236	3.284	-0.222	0.175	-0.294	0.347
NE_TMAX	187	27.150	42.900	0.228	3.120	-0.221	0.178	-0.148	0.354
C_TMAX	175	28.230	45.450	0.249	3.299	0.019	0.184	0.057	0.365
NO_TMAX	177	27.350	43.550	0.250	3.321	-0.005	0.183	-0.223	0.363
SO_TMAX	196	26.340	42.350	0.225	3.150	0.030	0.174	-0.108	0.346
SE_TMIN	194	-2.100	22.400	0.506	7.052	0.022	0.175	-1.400	0.347
NE_TMIN	190	-1.950	22.450	0.510	7.029	-0.004	0.176	-1.362	0.351
C_TMIN	183	-1.150	23.850	0.532	7.194	0.021	0.180	-1.353	0.357
NO_TMIN	186	-2.700	22.240	0.505	6.888	0.012	0.178	-1.323	0.355
SO_TMIN	196	-3.600	21.700	0.509	7.123	0.036	0.174	-1.372	0.346

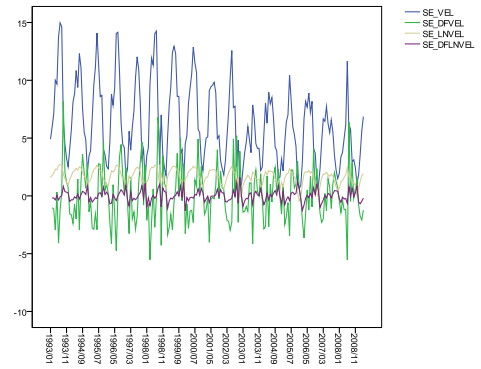
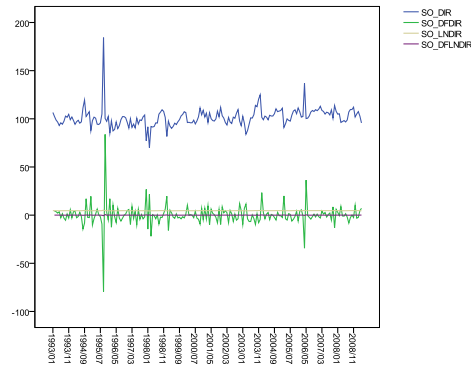
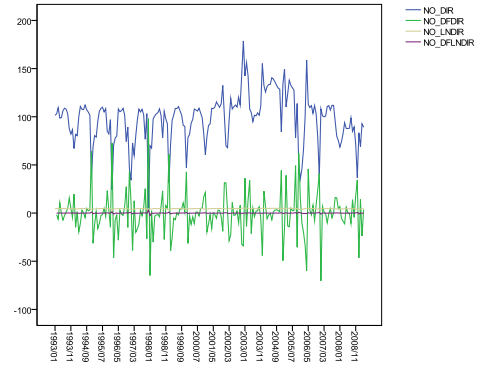
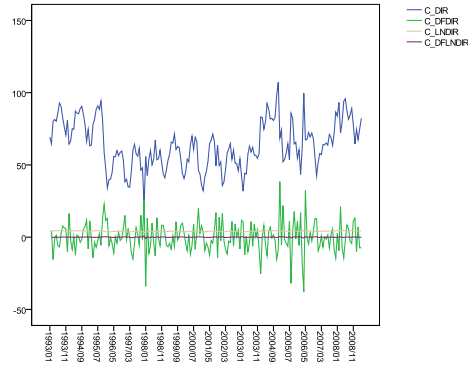
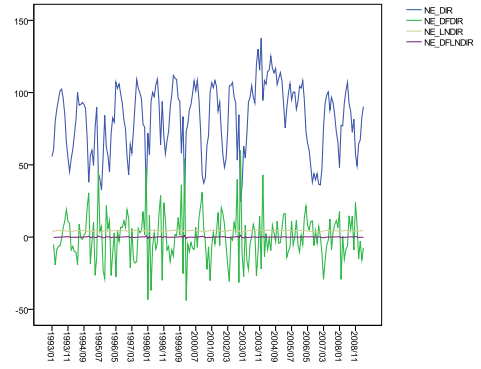
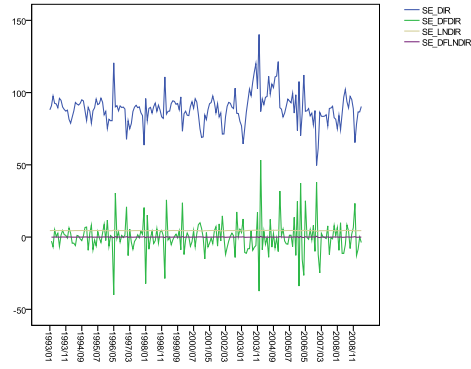
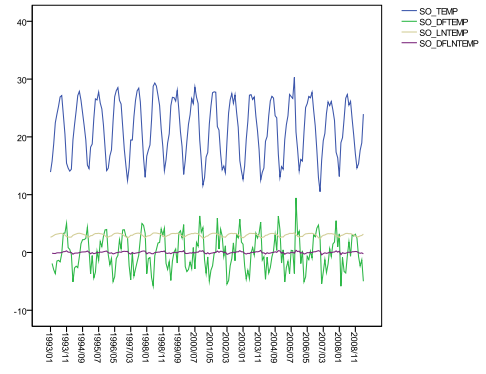
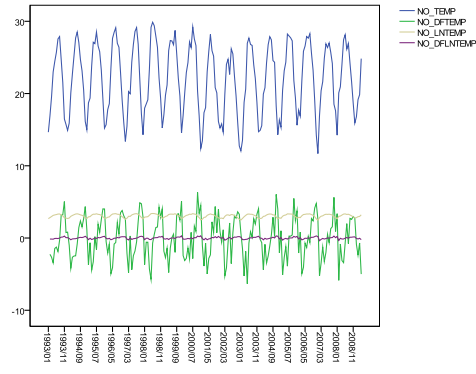
Cuadro 9. Estadísticos descriptivos de las series de calidad de aire y las variables meteorológicas

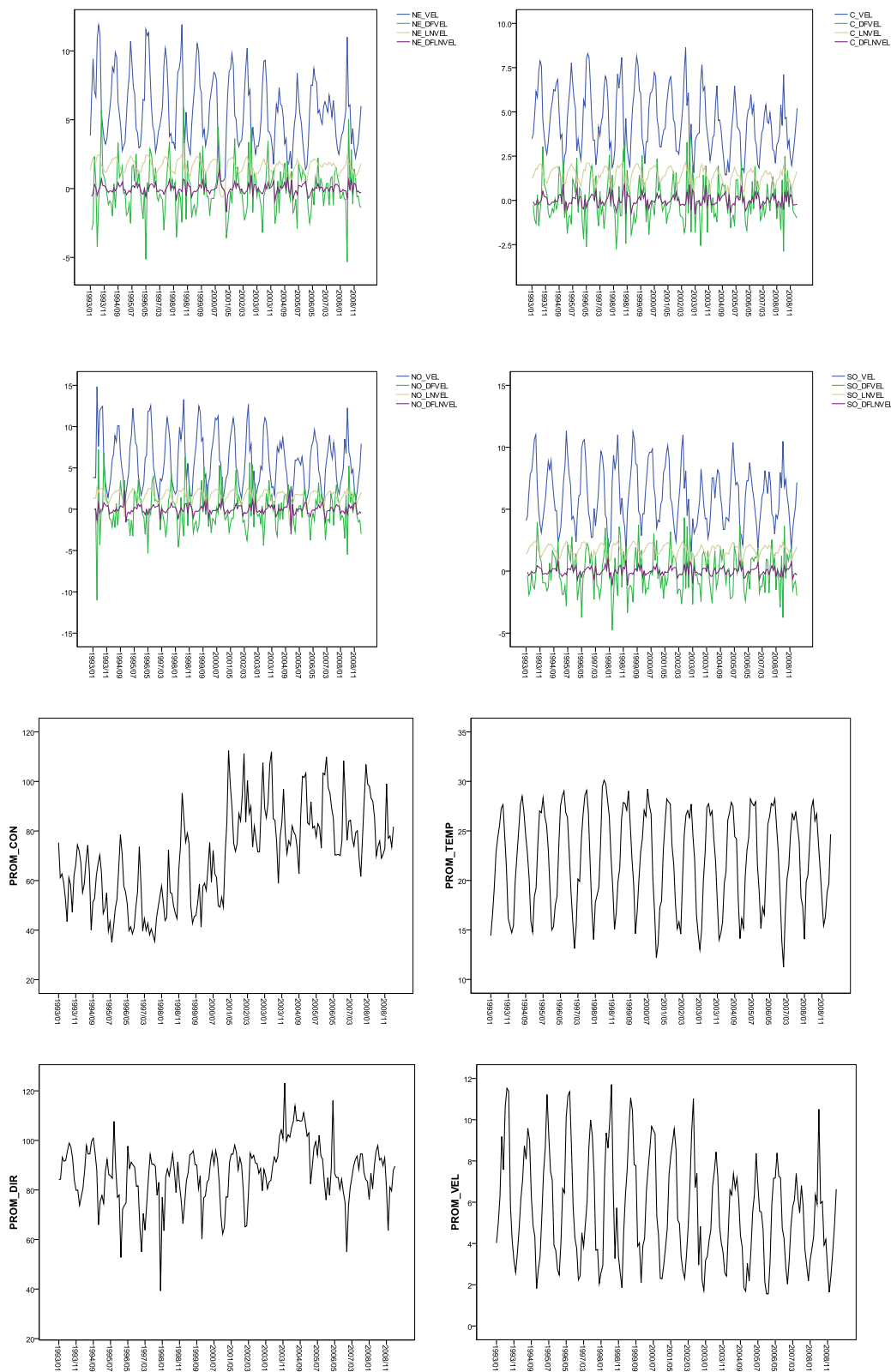
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.	Asimetría	Curtosis
					Estadístico	Estadístico
SE_CON	21.509	108.388	52.563	16.509	0.512	0.204
NE_CON	31.828	138.012	70.315	19.626	0.554	-0.024
C_CON	17.961	116.426	62.454	20.435	-0.1	-0.775
NO_CON	23.658	139.766	80.858	22.516	0.088	-0.223
SO_CON	23.461	158.328	85.008	29.962	0.119	-0.68
SE_TEMP	11.359	29.566	22.017	4.861	-0.248	-1.232
NE_TEMP	11.273	29.911	22.265	4.874	-0.24	-1.249
C_TEMP	11.344	31.903	22.621	5.061	-0.224	-1.194
NO_TEMP	11.688	29.869	21.981	4.802	-0.244	-1.181
SO_TEMP	10.515	30.3	21.346	4.993	-0.222	-1.243
SE_DIR	49.562	140.233	88.962	10.801	0.554	3.799
NE_DIR	24.529	137.628	81.799	23.664	-0.398	-0.671
C_DIR	21.751	107.166	64.019	16.277	0.141	-0.515
NO_DIR	5.129	178.705	98.307	25.526	-0.457	1.521
SO_DIR	70.077	184.306	101.388	9.752	3.189	27.092
SE_VEL	0.651	14.963	6.221	3.476	0.549	-0.48
NE_VEL	0.538	11.915	5.587	2.588	0.426	-0.47
C_VEL	1.44	8.641	4.464	1.742	0.323	-0.77
NO_VEL	0.132	14.836	5.814	3.293	0.451	-0.679
SO_VEL	1.526	11.318	6.058	2.392	0.237	-0.796
PROM_CON	35.039	112.528	70.238	18.964	0.127	-0.72
PROM_TEMP	11.236	30.113	22.046	4.896	-0.248	-1.238
PROM_DIR	39.265	123.185	86.895	12.007	-0.466	1.463
PROM_VEL	1.555	11.707	5.629	2.606	0.434	-0.725
SE_TMAX	26.45	43.2	34.569	3.283	-0.24	-0.3
NE_TMAX	27.15	42.9	34.867	3.221	-0.188	-0.318
C_TMAX	28.083	45.45	35.232	3.386	0.006	-0.115
NO_TMAX	27.35	43.55	34.44	3.273	-0.015	-0.215
SO_TMAX	26.34	42.35	33.838	3.15	0.03	-0.108
PROM_TMAX	27.43	43.18	34.589	3.174	-0.11	-0.256
SE_TMIN	-2.1	22.4	11.36	7.051	0.016	-1.397
NE_TMIN	-1.95	22.45	11.59	7.064	0.036	-1.378
C_TMIN	-1.15	23.85	11.633	7.142	0.112	-1.33
NO_TMIN	-2.7	22.24	11.563	6.899	0.021	-1.335
SO_TMIN	-3.6	21.7	10.463	7.123	0.036	-1.372
PROM_TMIN	-2.1	22.28	11.322	6.967	0.021	-1.366

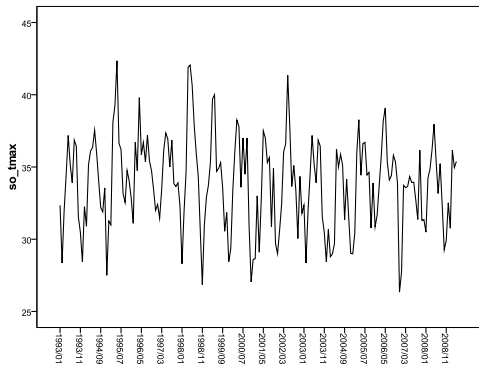
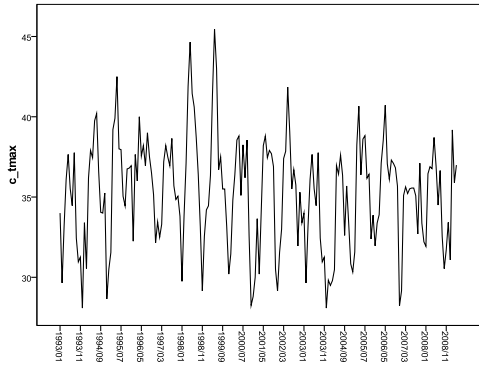
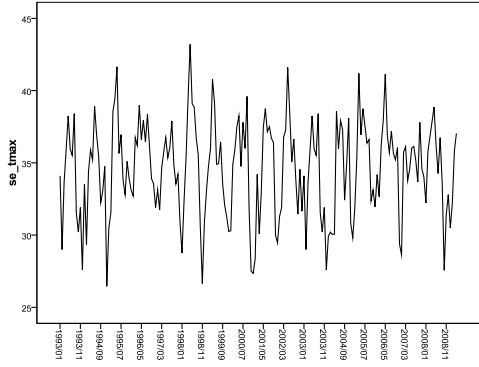
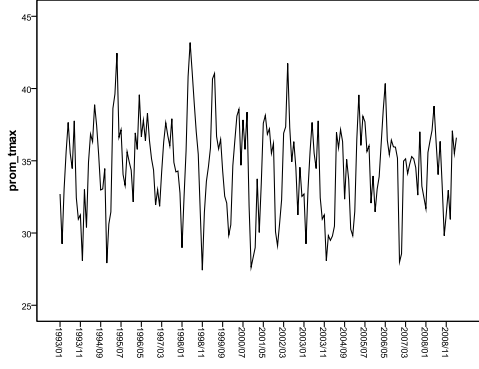
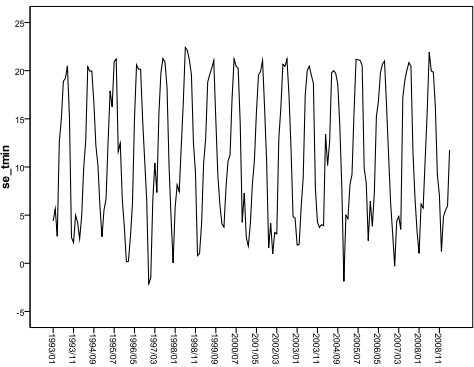
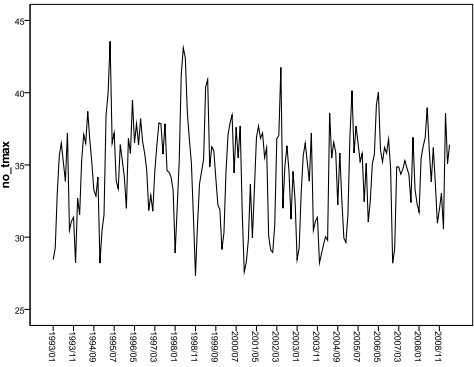
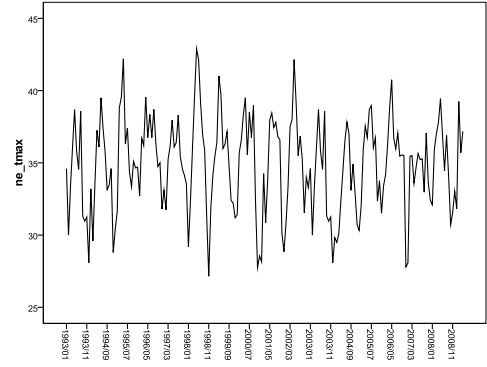
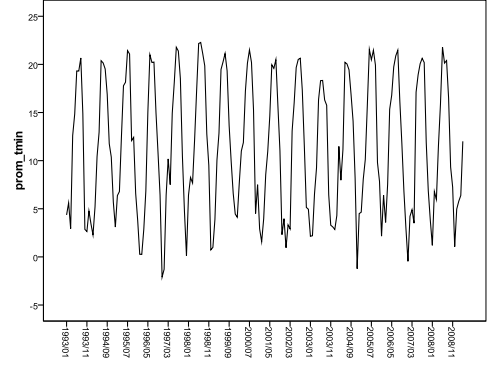
N=196

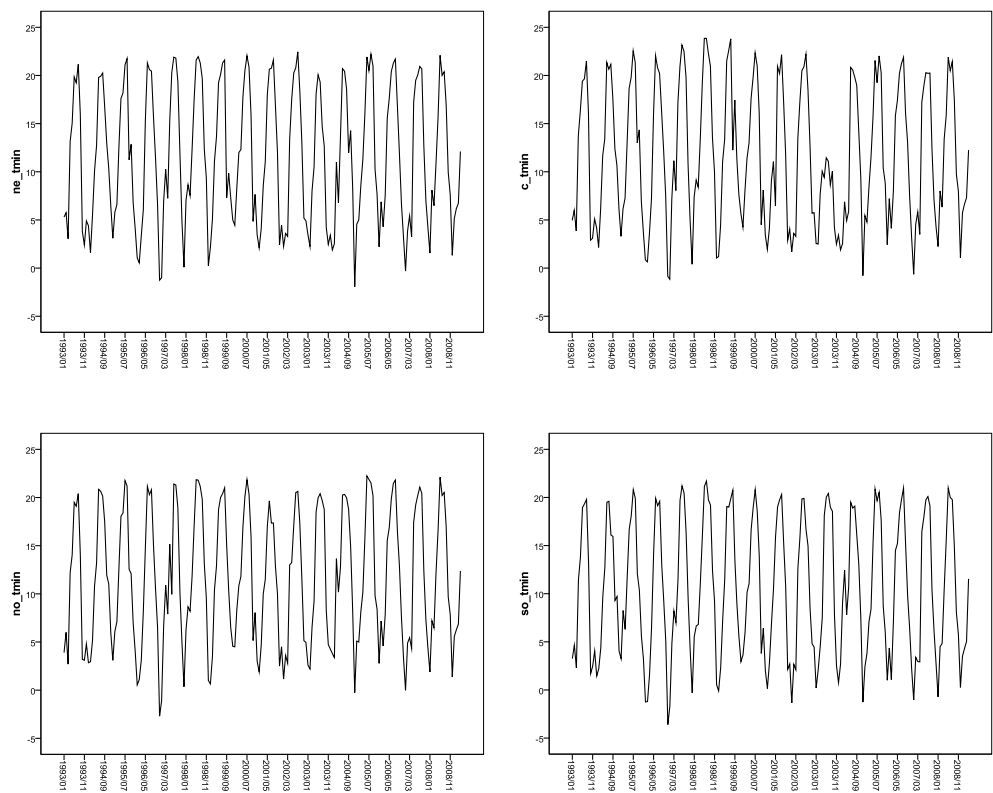
Gráfica 2. Series de tiempo de las variables de calidad de aire y meteorológicas con sus primeras diferencias, logaritmo y diferencia de logaritmo



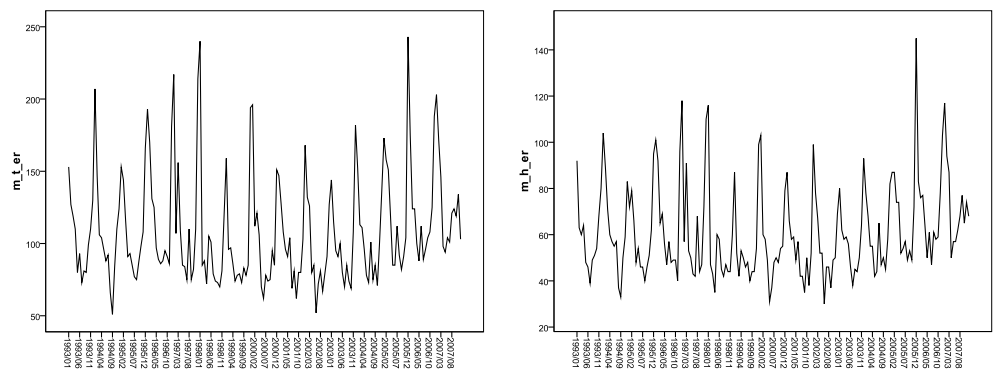


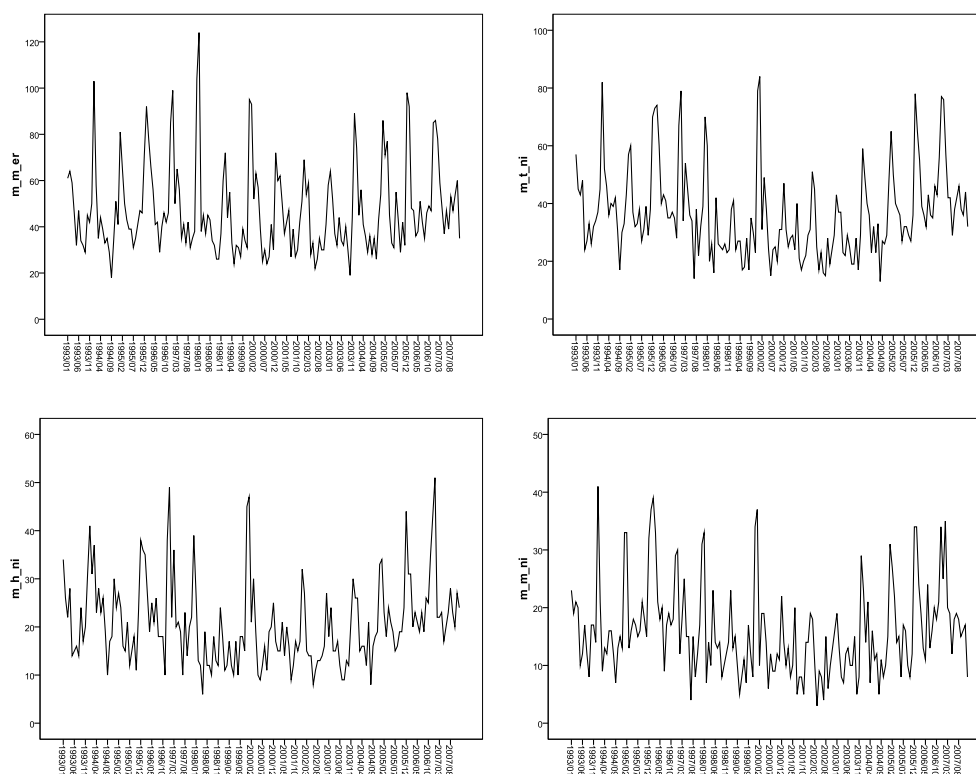






Gráfica 3. Series de tiempo de los fallecimientos por enfermedades respiratorias





Resultados

Cuadro 10. Resumen de los modelos ajustados para cada una de las estaciones del monitoreo del AMM

MODELO PARA LA ESTACIÓN SURESTE:	(2,1,0)(2,1,0)
MODELO PARA LA ESTACIÓN NORESTE:	(1,0,0)(1,0,1)
MODELO PARA LA ESTACIÓN CENTRO:	(2,0,1)(2,1,0)
MODELO PARA LA ESTACIÓN NOROESTE:	(2,1,1)(1,1,0)
MODELO PARA LA ESTACIÓN SUROESTE:	(1,1,1)(1,1,0)
MODELO DEL PROMEDIO DE LAS ESTACIONES:	(1,0,0)(2,1,0)

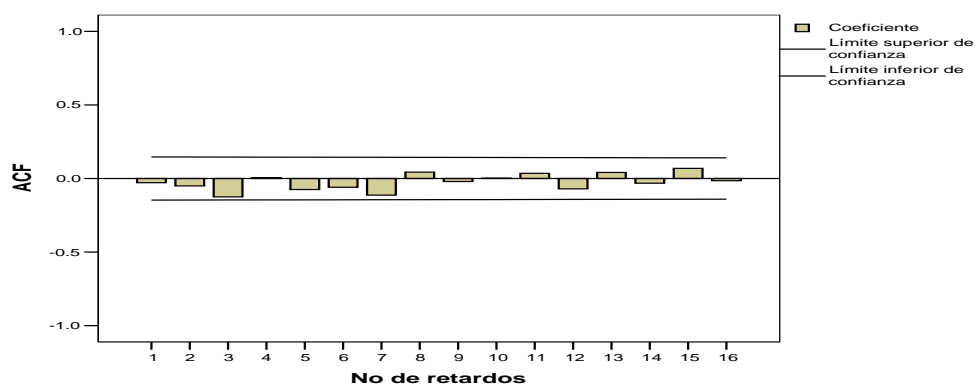
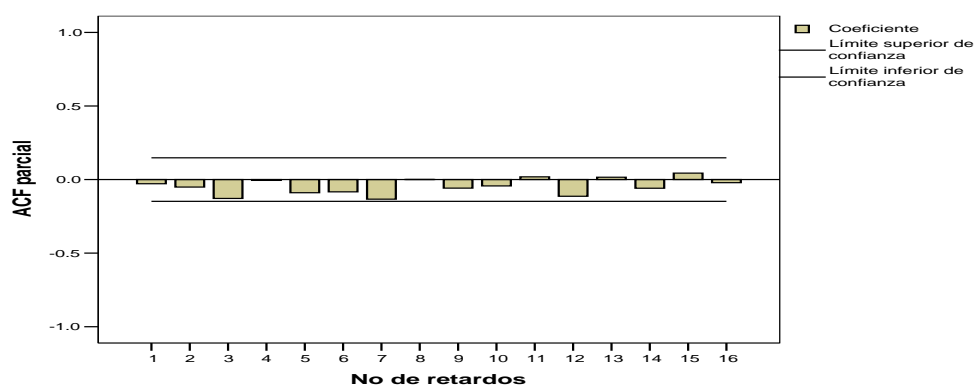
Cuadro 11. Resumen de los modelos ajustados de las enfermedades respiratorias en el AMM

MODELO PARA LOS FALLECIMIENTOS POR ENFERMEDADES RESP. TOTAL:	(4,1,0)(0,0,1)
MODELO PARA LOS FALLECIMIENTOS POR ENFERMEDADES RESP. EN HOMBRES:	(4,1,0)(0,0,0)
MODELO PARA LOS FALLECIMIENTOS POR ENFERMEDADES RESP. EN MUJERES:	(5,1,0)(0,0,1)
MODELO PARA LOS FALLECIMIENTOS POR NEUMONÍAS E INFLUENZAS TOTAL:	(6,1,0)(0,1,1)
MODELO PARA LOS FALLECIMIENTOS POR NEUMONÍAS E INFLUENZAS HOMBRES:	(6,1,0)(0,1,2)
MODELO PARA LOS FALLECIMIENTOS POR NEUMONÍAS E INFLUENZAS MUJERES:	(12,1,0)(0,1,1)

Cuadro 12. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Sureste

Estación Sureste ARIMA (2,1,0) (2,10)	Valores de p en los modelos ajustados			Coeficientes
	1er. Modelo	2do. Modelo	3er. Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	-0.395
2	.004	.004	.004	-0.210
SAR 1	.000	.000	.000	-0.716
2	.000	.000	.000	-0.412
se_temp	.000	.000	.000	3.658
se_dflndir	.622	-	-	-
se_vel	.005	.005	.004	-1.372
se_tmáx	.442	.443	-	-
se_tmin	.058	.057	.035	-0.658

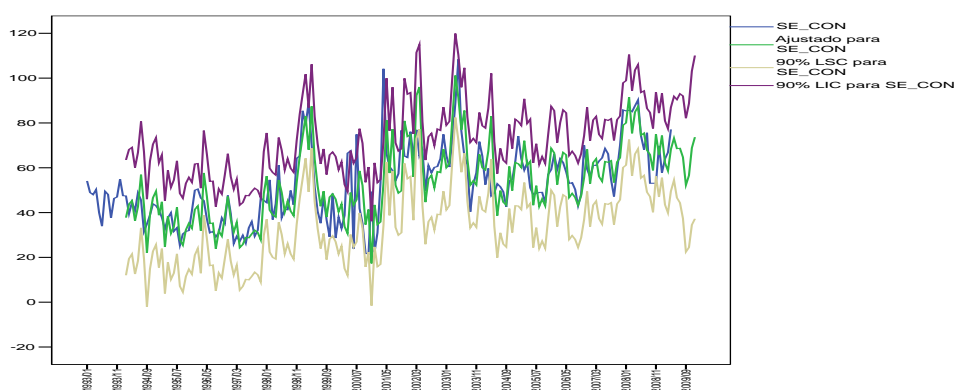
Gráficas 4 y 5. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Sureste del AMM



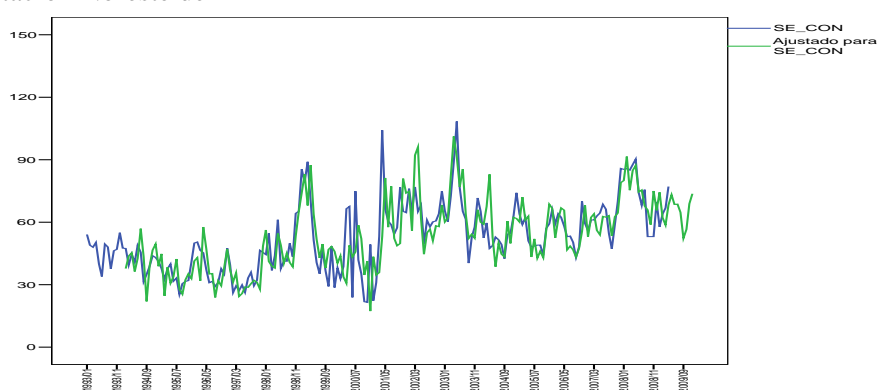
Cuadro 13. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Sureste

Estación Sureste	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%		Valor real
		L. Inferior	L. Superior	
2009/05	73.17	54.47	91.86	78.05
2009/06	68.54	46.62	90.46	72.47
2009/07	68.69	44.38	93.00	86.31
2009/08	64.72	37.40	92.04	75.61
2009/09	52.28	22.45	82.11	53.19
2009/10	56.55	24.43	88.67	
2009/11	68.84	34.51	103.18	
2009/12	73.66	37.23	110.10	

Gráfica 6. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Sureste del AMM



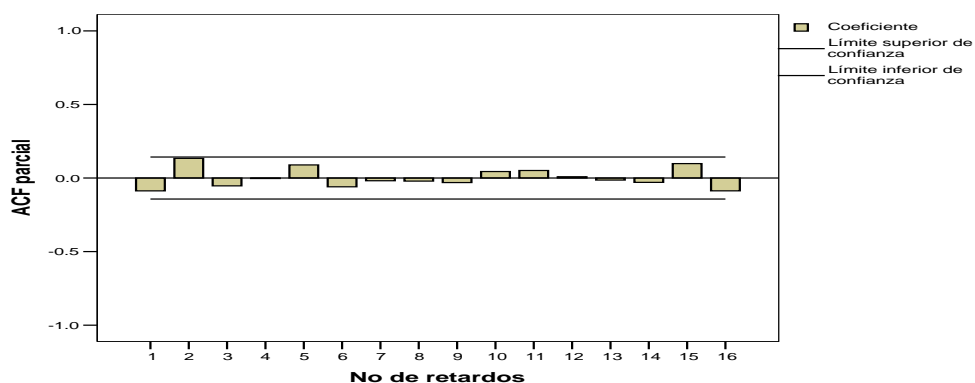
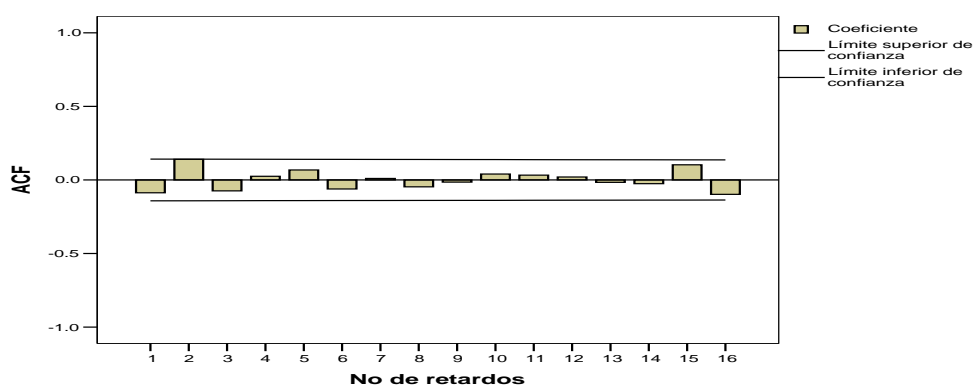
Gráfica 7. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noreste del AMM



Cuadro 14. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Noreste

Estación Noreste ARIMA (1,0,0)(1,0,1)	Valores de p en los modelos ajustados				Coeficientes
	1er. Modelo	2do. Modelo	3er. Modelo	4to. Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	.000	0.778
SAR 1	.000	.000	.000	.000	0.966
SMA 1	.000	.000	.000	.000	0.769
ne_temp	.000	.000	.000	.001	1.592
ne_dflndir	.387	-	-	-	-
ne_vel	.198	.244	-	-	-
ne_tmáx	.067	.069	.046	.031	0.765
ne_tmin	.056	.054	.061	-	-

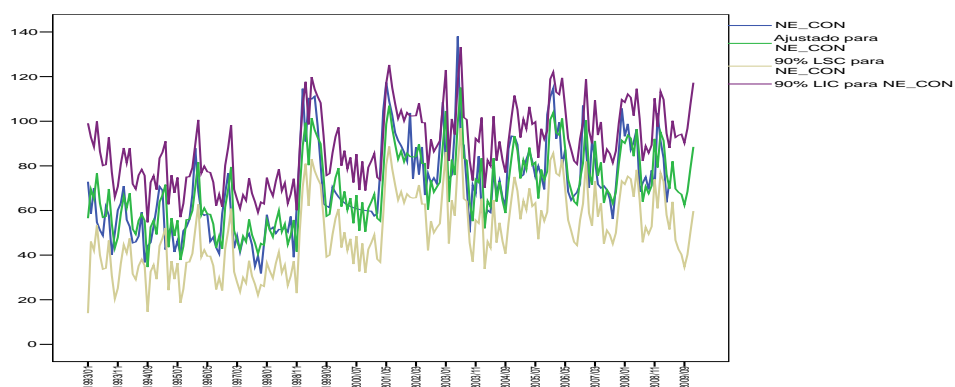
Gráficas 8 y 9. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Noreste del AMM



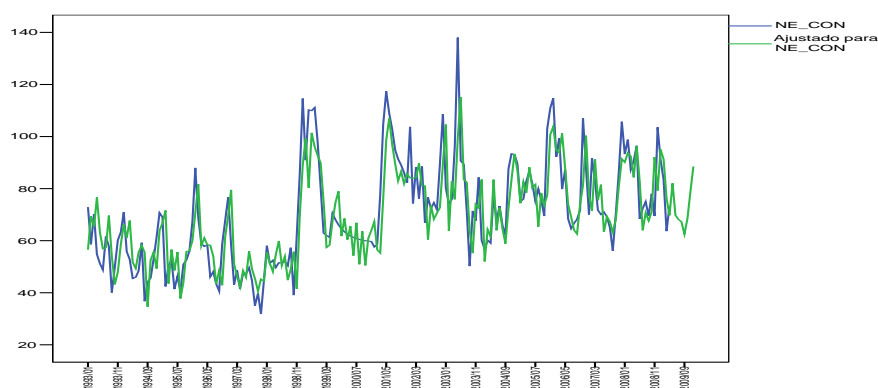
Cuadro 15. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Noreste

Estación Noreste	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%		Valor real
		L. Inferior	L. Superior	
2009/05	82.03	63.86	100.20	68.82
2009/06	69.74	46.70	92.77	65.51
2009/07	68.16	42.61	93.72	85.08
2009/08	67.22	40.27	94.18	68.30
2009/09	62.48	34.69	90.27	55.28
2009/10	68.49	40.20	96.77	
2009/11	78.65	50.07	107.23	
2009/12	88.51	59.75	117.28	

Gráfica 10. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noreste del AMM



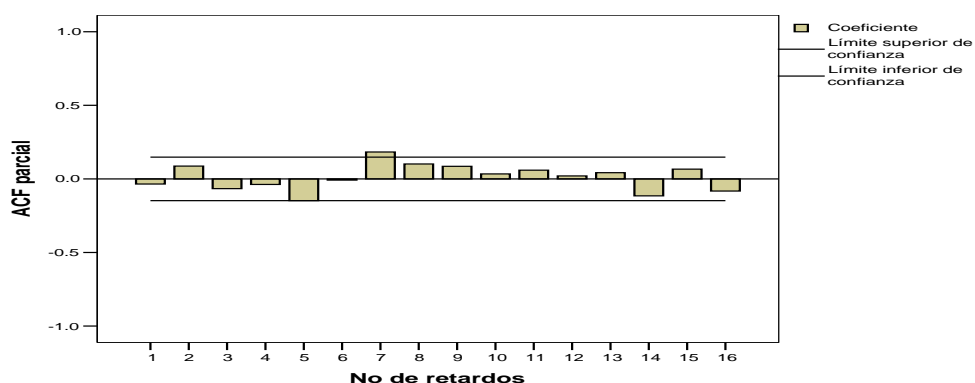
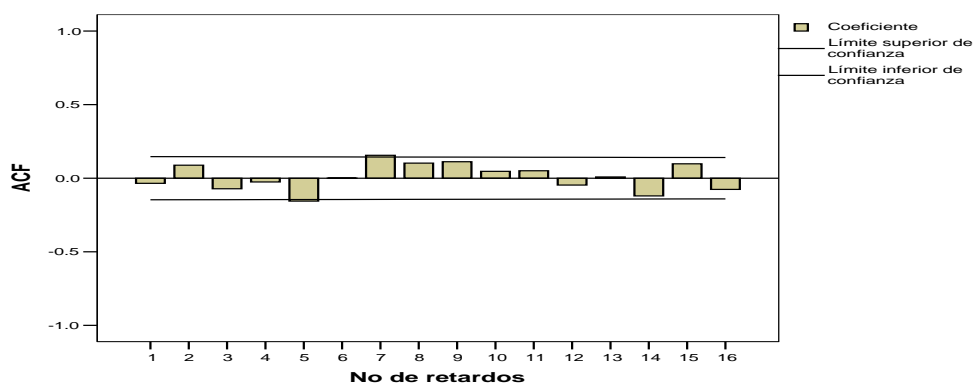
Gráfica 11. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noreste del AMM



Cuadro 16. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Centro

Estación Centro ARIMA (2,0,1)(2,1,0)	Valores de p en los modelos ajustados				Coeficientes
	1er. Modelo	2do. Modelo	3er. Modelo	4to. Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	.000	0.724
SAR 1	.000	.000	.000	.000	-0.665
2	.003	.006	.006	.010	-0.200
c_temp	.075	.058	.101	-	-
c_dflndir	.515	-	-	-	-
c_dfvel	.040	.004	.005	.007	1.034
c_tmáx	.038	.042	.029	.004	1.758
c_tmin	.287	.307	-	-	-

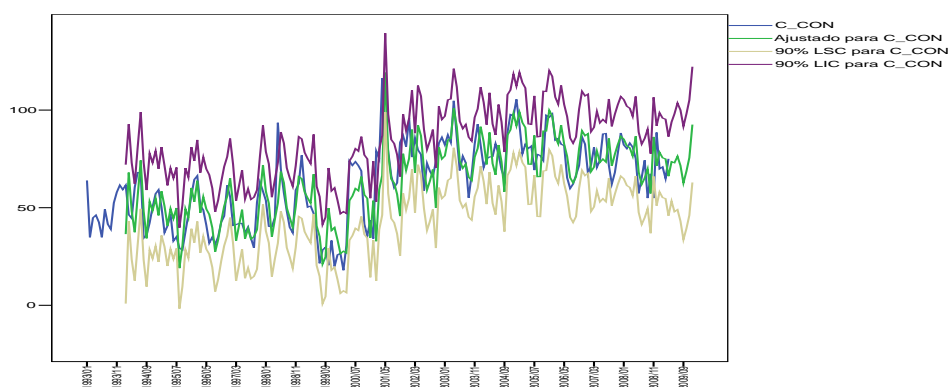
Gráficas 12 y 13. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Centro del AMM



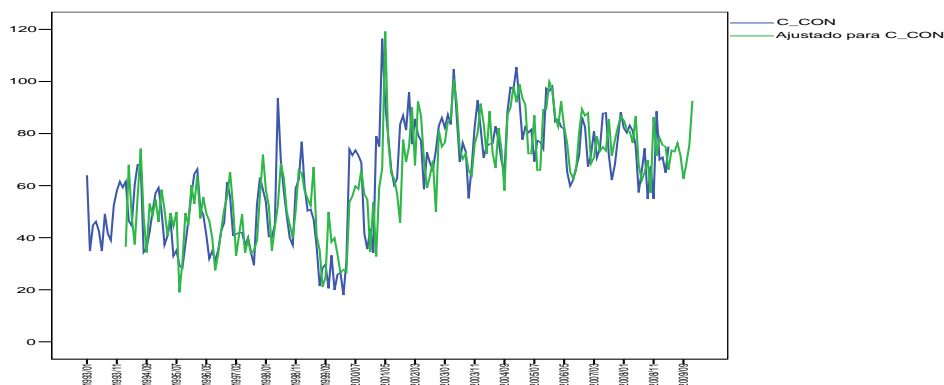
Cuadro 17. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Centro

Estación Centro	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%		Valor real
		L. Inferior	L. Superior	
2009/05	73.60	53.33	93.87	80.17
2009/06	73.00	47.94	98.06	72.84
2009/07	76.28	49.00	103.57	87.99
2009/08	71.56	43.12	99.99	70.44
2009/09	62.68	33.67	91.69	72.35
2009/10	68.73	39.37	98.08	
2009/11	75.63	46.12	105.14	
2009/12	92.56	62.91	122.20	

Gráfica 14. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Centro del AMM



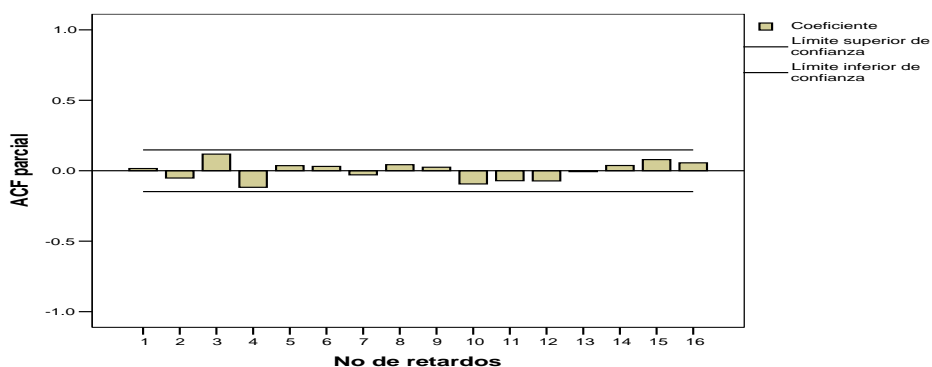
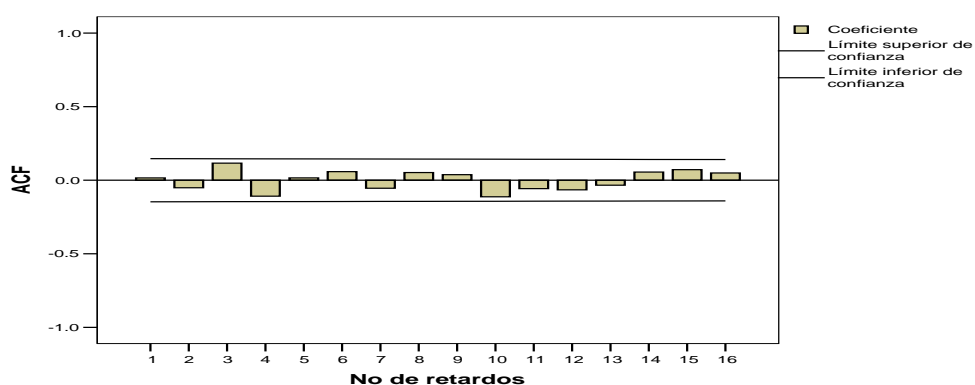
Gráfica 15. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Centro del AMM



Cuadro 18. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Noroeste

Estación Noroeste ARIMA (2,1,1)(1,1,0)	Valores de p en los modelos ajustados			Coeficientes
	1er. Modelo	2do. Modelo	3er. Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	0.425
2	.042	.038	.032	-0.177
MA 1	.000	.000	.000	0.865
SAR 1	.000	.000	.000	-0.396
no_temp	.000	.000	.000	0.058
no_dflndir	.543	-	-	-
no_vel	.326	.305	-	-
no_tmáx	.031	.025	.017	0.016
no_tmin	.000	.000	.000	-0.022

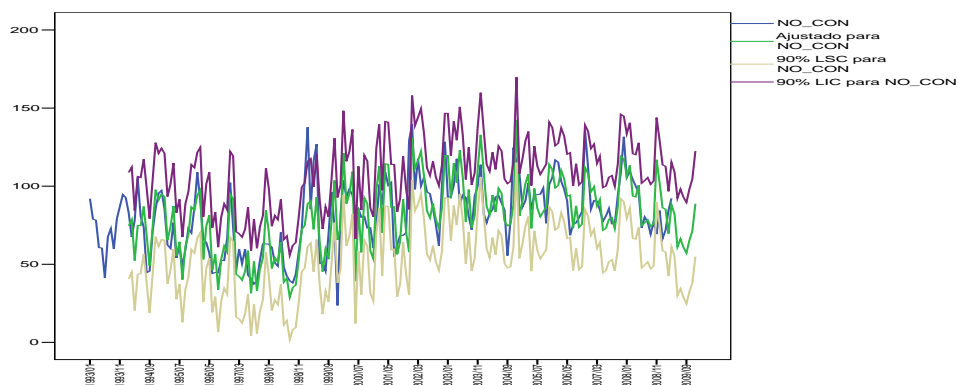
Gráficas 16 y 17. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Noroeste del AMM



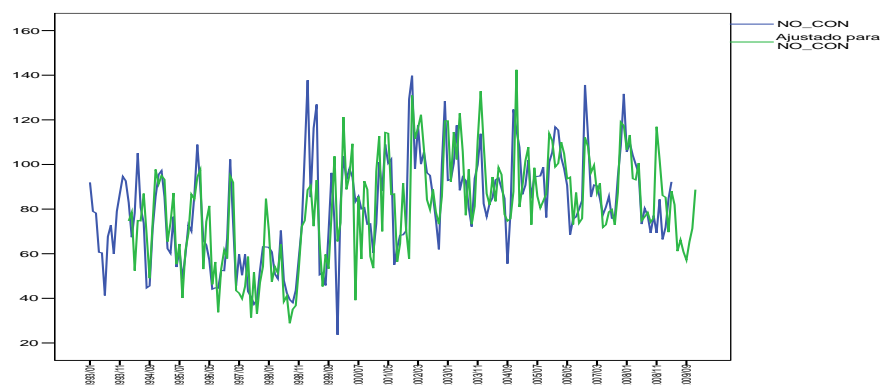
Cuadro 19. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Noroeste

Estación Noroeste	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%		Valor real
		L. Inferior	L. Superior	
2009/05	81.94	54.87	109.02	87.36
2009/06	61.16	29.97	92.35	79.78
2009/07	66.17	34.36	97.97	101.80
2009/08	60.86	28.80	92.92	89.13
2009/09	57.17	24.73	89.61	78.59
2009/10	65.37	32.50	98.23	
2009/11	71.33	38.05	104.62	
2009/12	88.70	54.92	122.49	

Gráfica 18. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noroeste del AMM



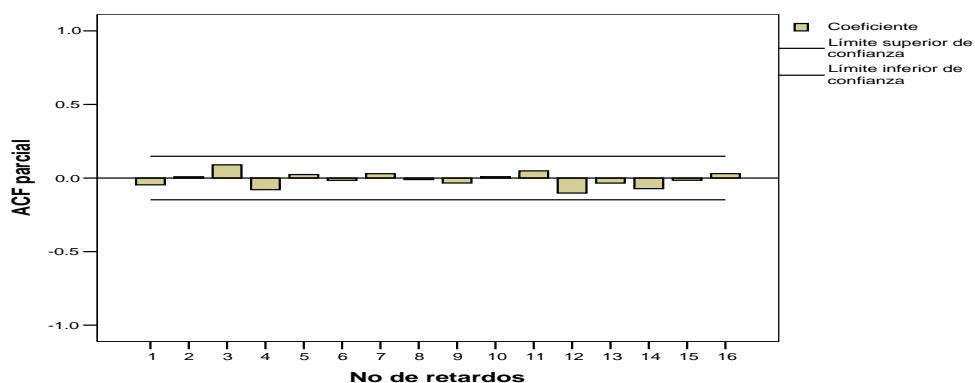
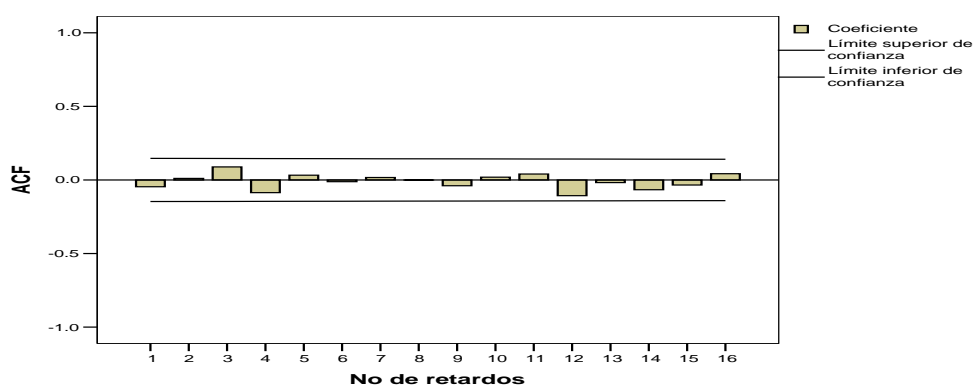
Gráfica 19. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Noroeste del AMM



Cuadro 20. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en la estación Suroeste

Estación Suroeste ARIMA (1,1,1)(1,1,0)	Valores de p en los modelos ajustados				Coeficientes
	1er. Modelo	2do. Modelo	3er. Modelo	4to. Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	.000	0.465
MA 1	.000	.000	.000	.000	0.831
SAR 1	.000	.000	.000	.000	-0.545
so_temp	.001	.001	.001	.000	3.027
so_dir	.863	-	-	-	-
so_vel	.003	.003	.003	.003	-2.582
so_tmáy	.100	.089	.066	-	-
so_tmin	.347	.348	-	-	-

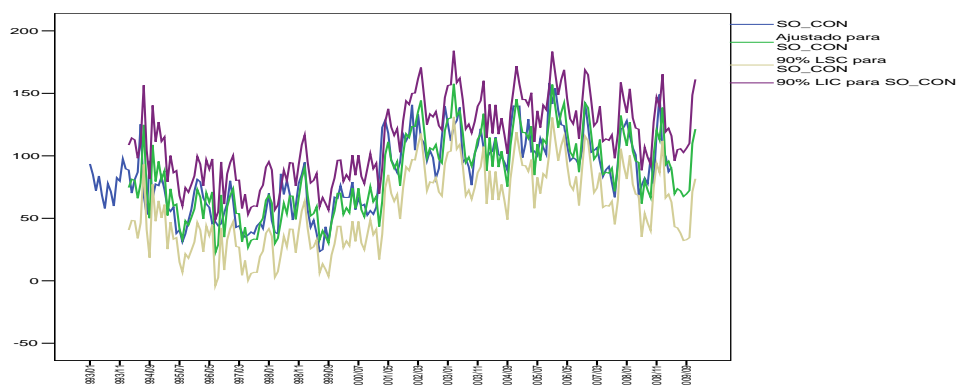
Gráficas 20 y 21. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire de la estación Suroeste del AMM



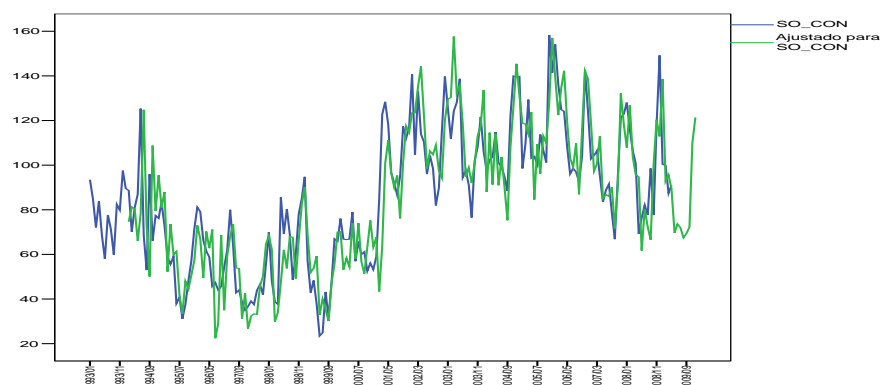
Cuadro 21. Valores de los pronósticos de calidad de aire en la estación Suroeste

Estación Suroeste	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%		Valor real
		L. Inferior	L. Superior	
2009/05	69.65	43.29	96.01	77.30
2009/06	73.64	42.35	104.92	72.42
2009/07	71.92	38.15	105.70	92.76
2009/08	67.49	32.22	102.76	78.15
2009/09	69.40	32.82	105.98	78.82
2009/10	72.24	34.52	109.97	
2009/11	109.88	71.16	148.61	
2009/12	121.40	81.64	161.17	

Gráfica 22. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Suroeste del AMM



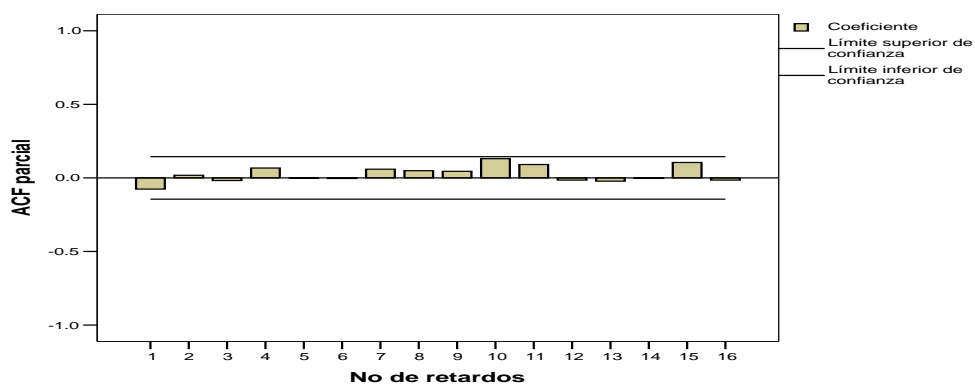
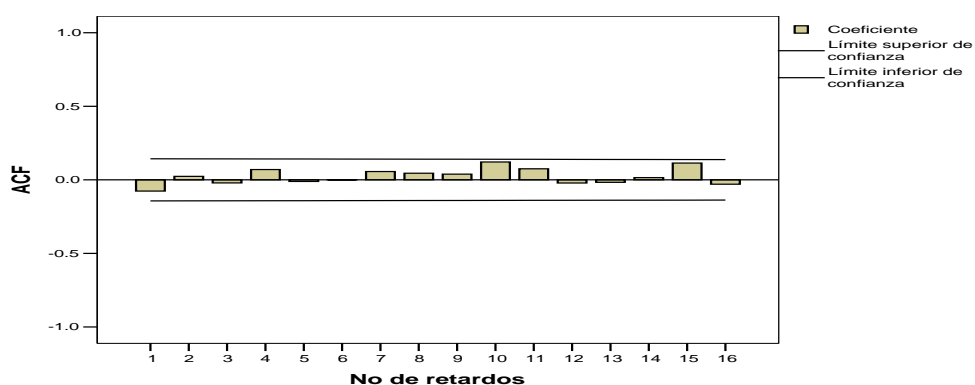
Gráfica 23. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire de la estación Suroeste del AMM



Cuadro 22. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de calidad de aire en el promedio de las estaciones del AMM

ARIMA (1,0,0)(2,1,0)	Valores de p en los modelos ajustados			Coeficientes
	1er. Modelo	2do. Modelo	3er. Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	0.770
SAR 1	.000	.000	.000	-0.647
2	.000	.000	.000	-0.325
prom_temp	.000	.000	.000	3.883
prom_dir	.070	-	-	-
prom_vel	.000	.002	.001	1.707
prom_tmáx	.017	.025	-	-
prom_tmin	.002	.002	.000	-0.880

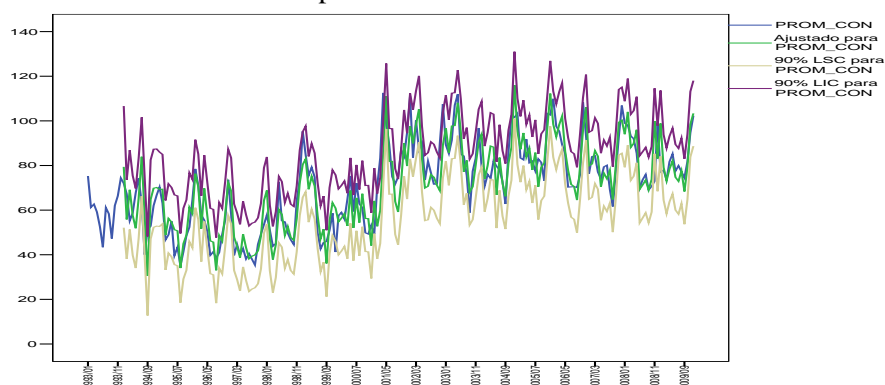
Gráficas 24 y 25. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de la calidad de aire del promedio de las estaciones del AMM



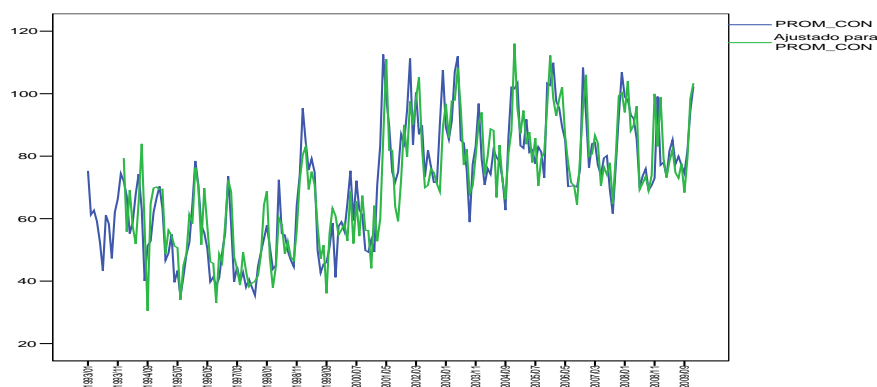
Cuadro 23. Valores de los pronósticos de calidad de aire en el promedio de las estaciones del AMM

Promedio de estaciones	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%		Valor real
		L. Inferior	L. Superior	
2009/05	81.96	67.27	96.65	78.34
2009/06	74.73	60.03	89.43	72.60
2009/07	72.97	58.22	87.72	90.79
2009/08	77.58	62.92	92.23	76.33
2009/09	68.35	53.68	83.02	67.65
2009/10	79.41	64.76	94.06	
2009/11	98.46	83.80	113.13	
2009/12	103.36	88.68	118.03	

Gráfica 26. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de la calidad del promedio de las estaciones aire del AMM



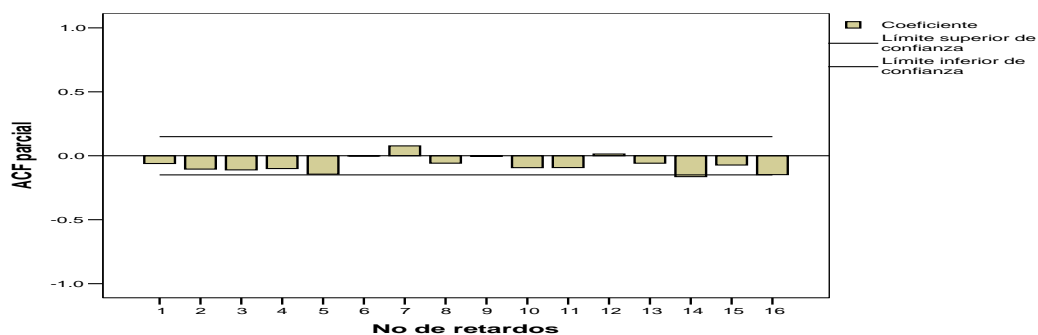
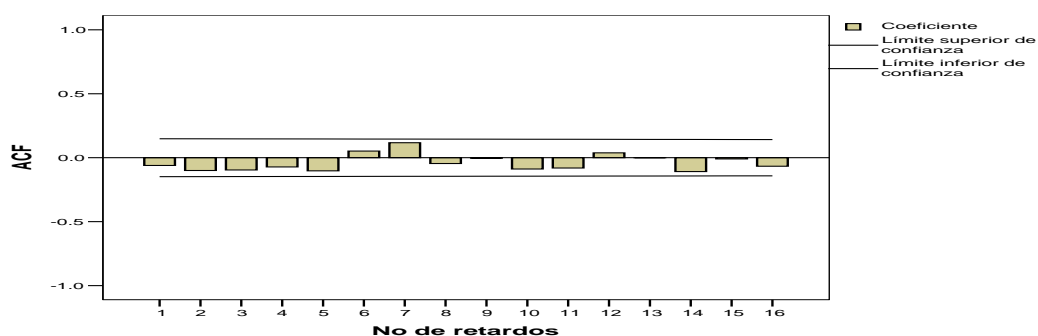
Gráfica 27. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de la calidad de aire del promedio de las estaciones del AMM



Cuadro 24. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las enfermedades respiratorias total en el AMM

Muertes Totales ER ARIMA (4,1,0) (0,0,1)	Valores de p en los modelos ajustados				Coeficientes
	1er. Modelo	2do. Modelo	3er. Modelo	4to. Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	.000	-0.564
2	.000	.000	.000	.000	-0.624
3	.000	.000	.000	.000	-0.434
4	.000	.000	.000	.000	-0.299
SMA 1	.027	.025	.026	.007	-0.211
prom_con	.004	.003	.001	.002	0.463
prom_temp	.000	.000	.000	.000	-3.996
prom_dir	.001	.001	.001	.004	-0.609
prom_vel	.112	.116	.074	-	-
prom_tmáy	.614	.624	-	-	-
prom_tmín	.858	-	-	-	-

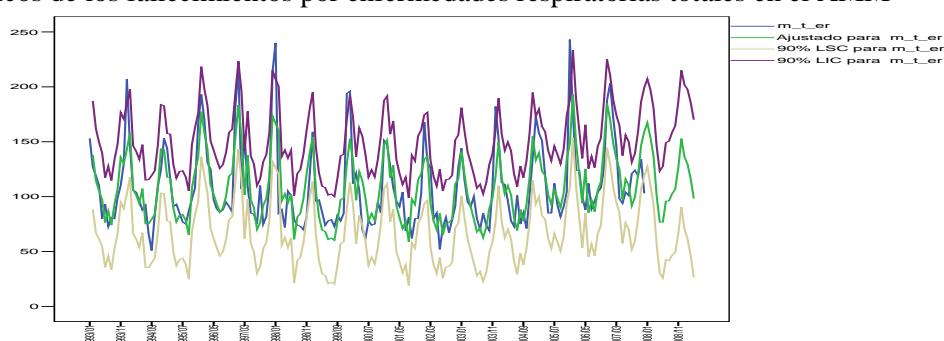
Gráficas 28 y 29. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por enfermedades respiratorias totales en el AMM



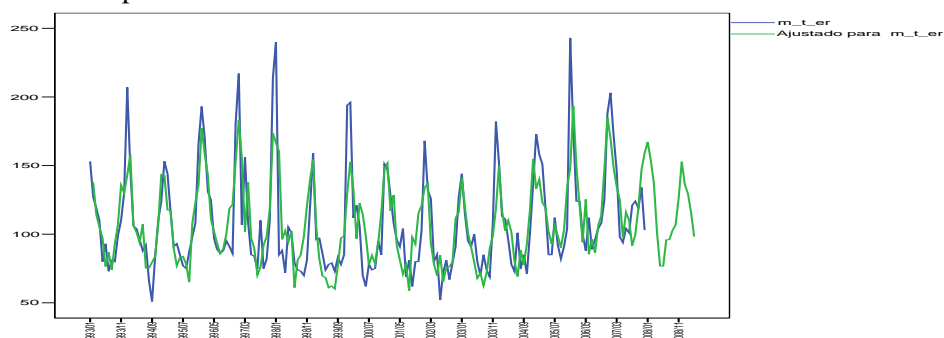
Cuadro 25. Valores de los pronósticos de las enfermedades respiratorias total para el AMM

	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%	
		L. Inferior	L. Superior
2008/01	167	127	207
2008/02	154	110	197
2008/03	137	93	181
2008/04	101	56	146
2008/05	77	30	123
2008/06	77	26	128
2008/07	96	43	149
2008/08	96	42	150
2008/09	103	47	158
2008/10	107	49	164
2008/11	126	66	186
2008/12	153	91	215
2009/01	136	71	202
2009/02	130	62	197
2009/03	116	46	186
2009/04	98	26	170

Gráfica 30. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias totales en el AMM



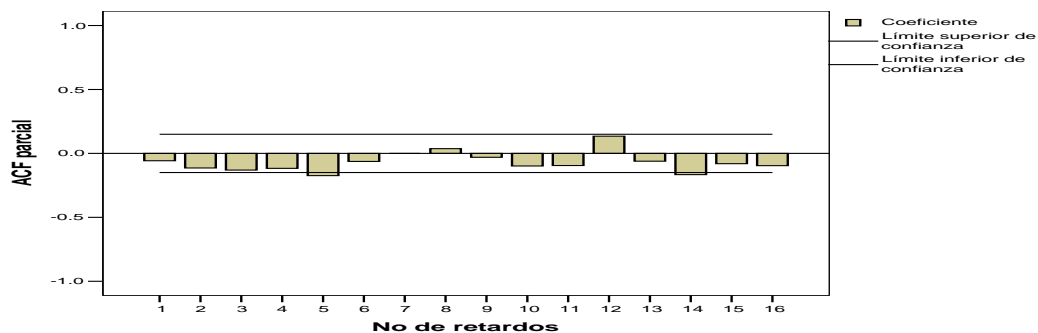
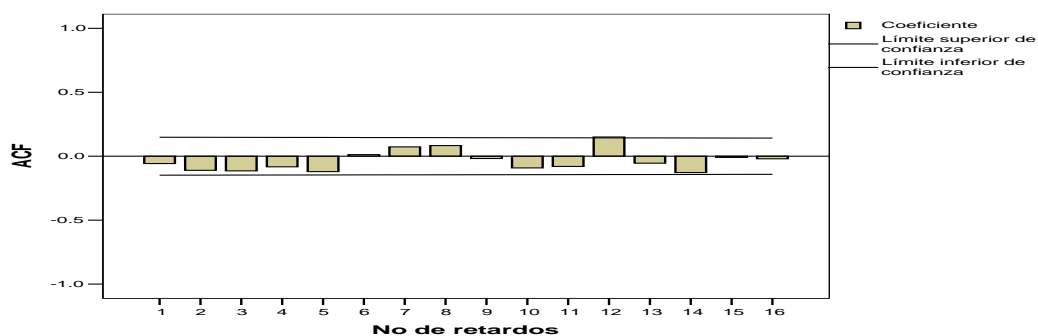
Gráfica 31. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias totales en el AMM



Cuadro 26. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las enfermedades respiratorias en hombres en el AMM

Muertes hombres ER ARIMA (4,1,0) (0,0,0)	Valores de p en los modelos ajustados				Coeficientes
	1er. Modelo	2do. Modelo	3er. Modelo	4to. Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	.000	-0.601
2	.000	.000	.000	.000	-0.558
3	.000	.000	.000	.000	-0.425
4	.000	.000	.000	.000	-0.327
prom_con	.000	.000	.000	.000	0.325
prom_temp	.000	.000	.000	.000	-1.893
prom_dir	.000	.000	.000	.002	-0.380
prom_vel	.138	.098	.119	-	-
prom_tmáx	.825	-	-	-	-
prom_tmín	.386	.399	-	-	-

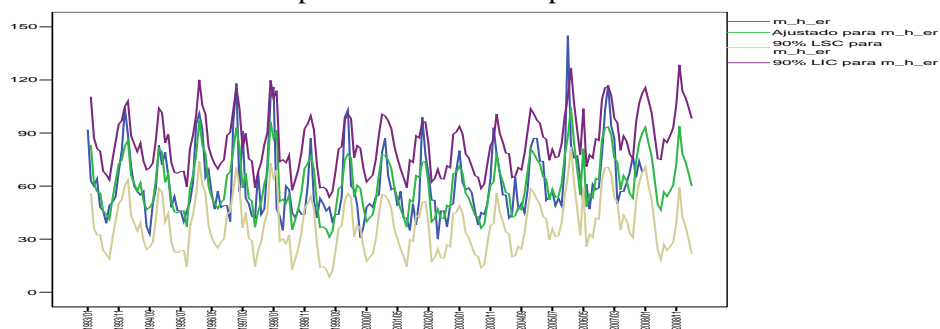
Gráficas 32 y 33. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en hombres en el AMM



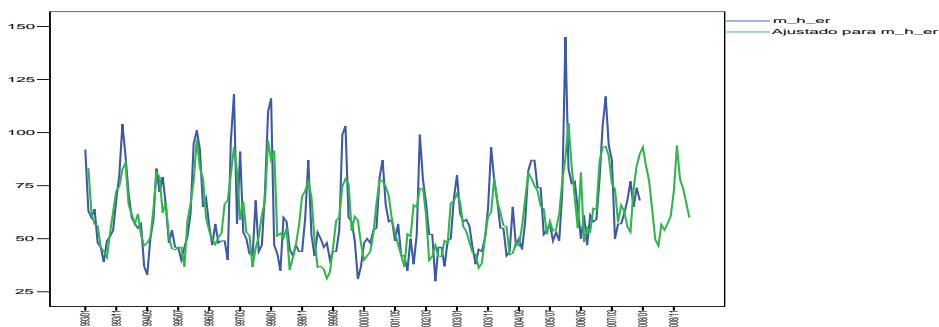
Cuadro 27. Valores de los pronósticos de las enfermedades respiratorias en hombres en el AMM

	Pronóstico	Intervalo de Confianza al 90%	
	Puntual	L. Inferior	L. Superior
2008/01	93	71	116
2008/02	84	60	109
2008/03	77	53	102
2008/04	64	39	89
2008/05	50	24	75
2008/06	47	18	75
2008/07	57	27	86
2008/08	54	24	85
2008/09	57	26	88
2008/10	61	28	93
2008/11	72	39	106
2008/12	94	59	129
2009/01	78	42	114
2009/02	74	37	110
2009/03	67	30	104
2009/04	60	22	98

Gráfica 34. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en hombres en el AMM



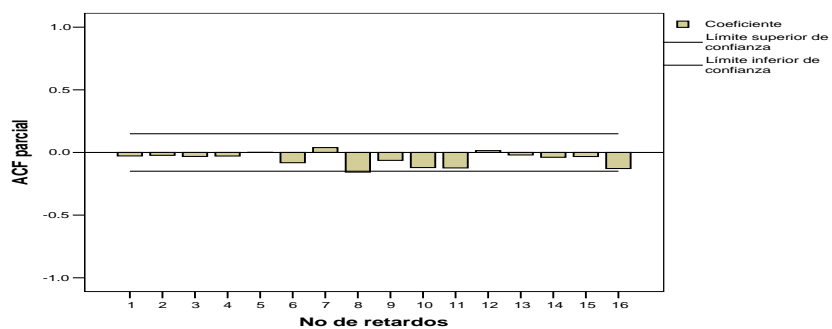
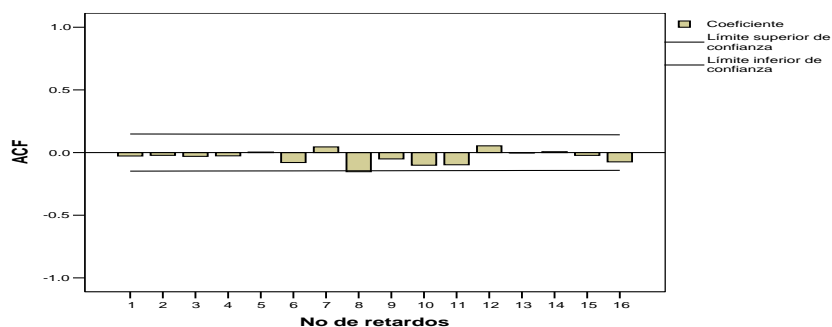
Gráfica 35. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en hombres en el AMM



Cuadro 28. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM

Muertes mujeres ER ARIMA (5,1,0) (0,0,1)		Valores de p en los modelos ajustados				Coeficientes
		1er. Modelo	2do. Modelo	3er. Modelo	4to. Modelo	
AR	1	.000	.000	.000	.000	-0.707
	2	.000	.000	.000	.000	-0.825
	3	.000	.000	.000	.000	-0.614
	4	.000	.000	.000	.000	-0.441
	5	.000	.001	.002	.002	-0.239
SMA	1	.024	.030	.025	.007	-0.216
	prom_con	.089	.042	.006	.014	0.186
	prom_temp	.000	.000	.000	.000	-2.040
	prom_dir	.006	.005	.001	.010	-0.285
	prom_vel	.131	.111	.025	-	-
	prom_tmáx	.178	.162	-	-	-
	prom_tmín	.658	-	-	-	-

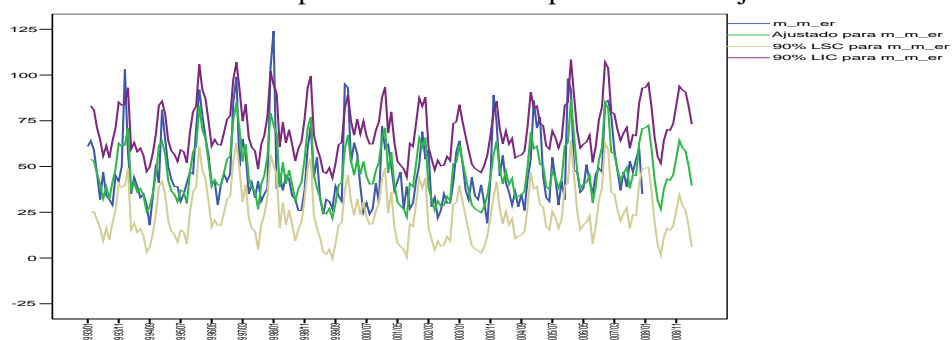
Gráficas 36 y 37. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM



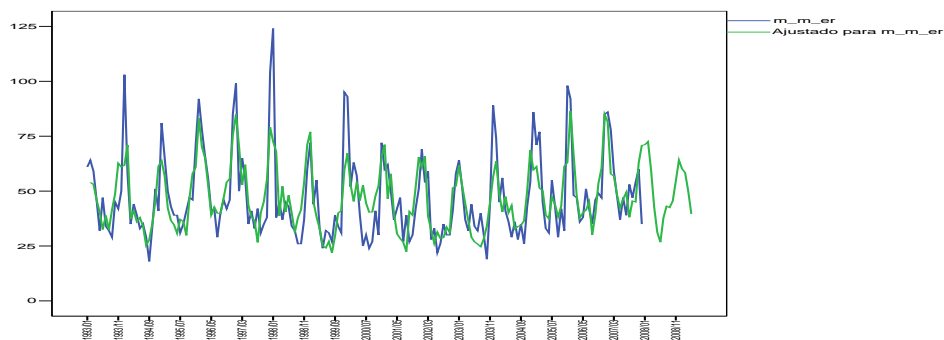
Cuadro 29. Valores de los pronósticos de las enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM

	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%	
		L. Inferior	L. Superior
2008/01	71	49	93
2008/02	73	50	95
2008/03	60	37	82
2008/04	43	19	66
2008/05	31	7	55
2008/06	27	2	52
2008/07	38	11	64
2008/08	43	16	70
2008/09	43	15	70
2008/10	45	18	73
2008/11	55	26	83
2008/12	64	34	94
2009/01	60	29	92
2009/02	58	26	91
2009/03	50	17	83
2009/04	40	6	73

Gráfica 38. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM



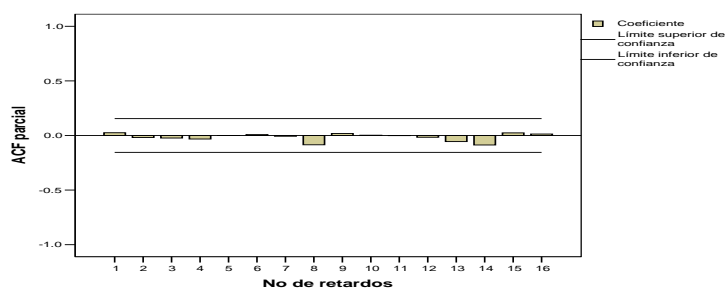
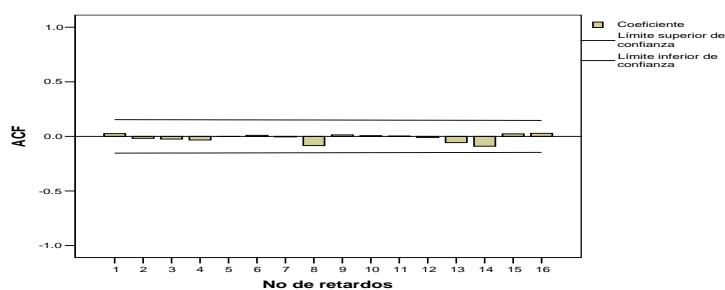
Gráfica 39. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por enfermedades respiratorias en mujeres en el AMM



Cuadro 30. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las neumonías e influencias total en el AMM

	Valores de p en los modelos ajustados						Coeficientes
	Primer Modelo	Segundo Modelo	Tercer Modelo	Cuarto Modelo	Quinto Modelo	Sexto Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.731
2	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.547
3	.011	.011	.011	.003	.004	.002	-0.300
4	.008	.008	.009	.004	.006	.003	-0.282
5	.001	.001	.001	.001	.001	.001	-0.304
6	.001	.001	.001	.001	.001	.001	-0.253
SMA 1	.021	.027	.001	.002	0	.974	1
prom_con	.480	.420	.464	-	-	-	-
prom_temp	.649	.729	-	-	-	-	-
prom_dir	.024	.022	.022	.026	.032	.016	-0.210
prom_vel	.420	.418	.455	.493	-	-	-
prom_tmáx	.678	-	-	-	-	-	-
prom_tmín	.279	.250	.122	.123	.132	-	-

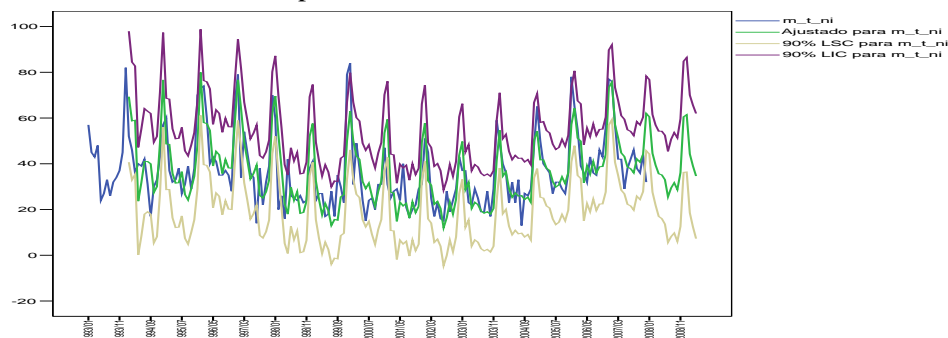
Gráficas 40 y 41. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por neumonías e influencias totales en el AMM



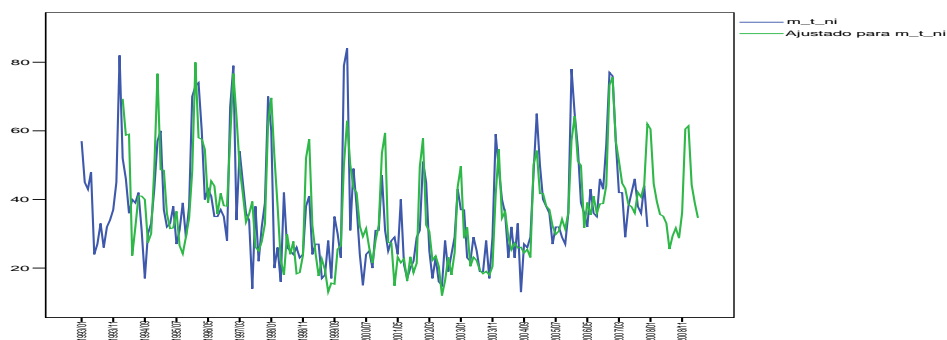
Cuadro 31. Valores de los pronósticos de las neumonías e influencias total en el AMM

	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%	
		L. Inferior	L. Superior
2008/01	61	44	77
2008/02	45	28	62
2008/03	39	22	57
2008/04	36	17	54
2008/05	35	16	54
2008/06	33	14	52
2008/07	26	6	45
2008/08	29	8	51
2008/09	32	10	54
2008/10	29	6	51
2008/11	36	13	60
2008/12	61	36	85
2009/01	61	36	86
2009/02	44	19	70
2009/03	39	12	66
2009/04	35	7	62

Gráfica 42. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias totales en el AMM



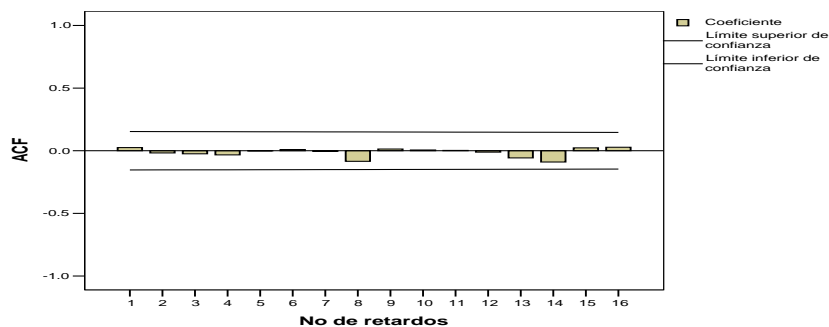
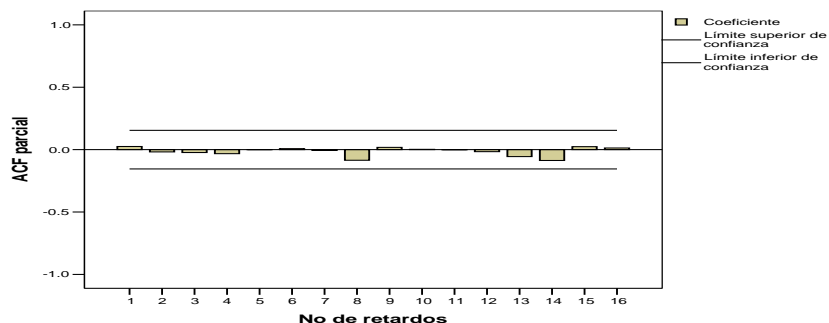
Gráfica 43. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias totales en el AMM



Cuadro 32. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las neumonías e influencias en hombres en el AMM

	Valores de p en los modelos ajustados						Coeficientes
	Primer Modelo	Segundo Modelo	Tercer Modelo	Cuarto Modelo	Quinto Modelo	Sexto Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.736
2	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.430
3	.050	.045	.022	.023	.023	.020	-0.216
4	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.340
5	.001	.001	.000	.000	.000	.000	-0.321
6	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.270
SMA 1	.000	.000	.000	.000	.000	.000	0.985
2	.112	.120	.138	.155	.166	.299	-0.093
prom_con	.384	.419	-	-	-	-	-
prom_temp	.491	.403	.620	.004	-	-	-
prom_dir	.004	.004	.005	.170	.010	.003	-0.154
prom_vel	.112	.110	.155	-	-	-	-
prom_tmáx	.716	-	-	-	-	-	-
prom_tmín	.213	.232	.156	.064	.098	-	-

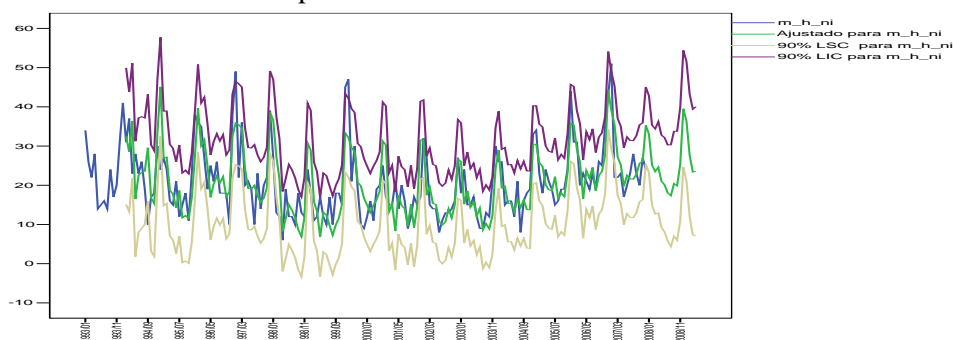
Gráficas 44 y 45. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por neumonías e influencias en hombres en el AMM



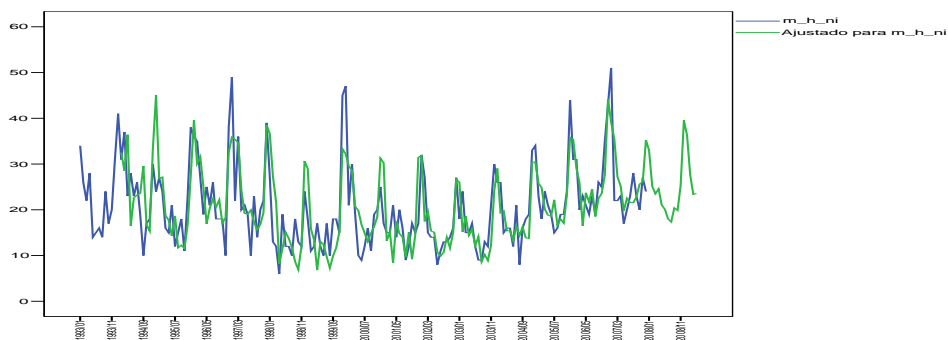
Cuadro 33. Valores de los pronósticos de las neumonías e influencias en hombres en el AMM

	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%	
		L. Inferior	L. Superior
2008/01	33	23	43
2008/02	25	15	35
2008/03	24	13	34
2008/04	25	13	36
2008/05	21	9	33
2008/06	20	8	32
2008/07	18	6	30
2008/08	17	4	30
2008/09	20	7	34
2008/10	20	6	34
2008/11	25	11	40
2008/12	40	25	54
2009/01	36	21	52
2009/02	28	12	43
2009/03	23	7	39
2009/04	24	7	40

Gráfica 46. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias en hombres en el AMM



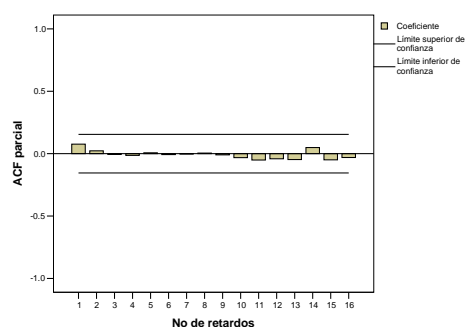
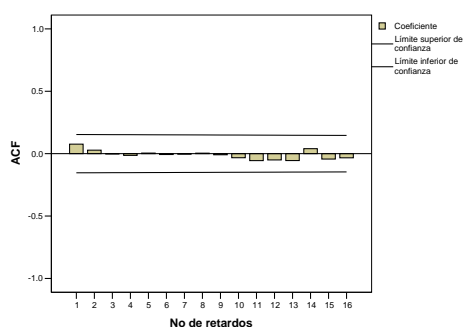
Gráfica 47. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias en hombres en el AMM



Cuadro 34. Valores de p en los modelos ajustados de los pronósticos de las neumonías e influencias en mujeres en el AMM

	Valores de p en los modelos ajustados						Coeficientes
	Primer Modelo	Segundo Modelo	Tercer Modelo	Cuarto Modelo	Quinto Modelo	Sexto Modelo	
AR 1	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.836
2	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.823
3	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.586
4	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-0.500
5	.002	.002	.001	.001	.001	.001	-0.462
6	.099	.110	.075	.079	.077	.065	-0.256
7	.279	.301	.236	.239	.205	.168	-0.196
8	.544	.560	.482	.487	.503	.482	-0.097
9	.473	.485	.435	.438	.511	.599	-0.070
10	.446	.441	.410	.412	.541	.626	-0.061
11	.485	.483	.453	.454	.643	.659	-0.048
12	.763	.763	.785	.781	.880	.987	-0.001
SMA 1	.083	.383	.996	.963	.025	.046	0.975
prom_con	.909	.891	-	-	-	-	-
prom_temp	.975	-	-	-	-	-	-
prom_dir	.278	.271	.272	.202	-	-	-
prom_vel	.904	.880	.907	-	-	-	-
prom_tmáx	.230	.208	.165	.165	.166	-	-
prom_tmín	.194	.090	.087	.086	.051	.070	-0.353

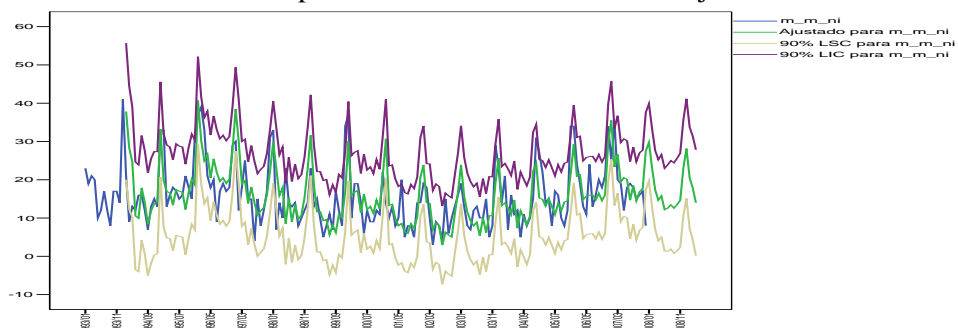
Gráfica 48 y 49. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo ajustado del pronóstico de los fallecimientos por neumonías e influencias en mujeres en el AMM



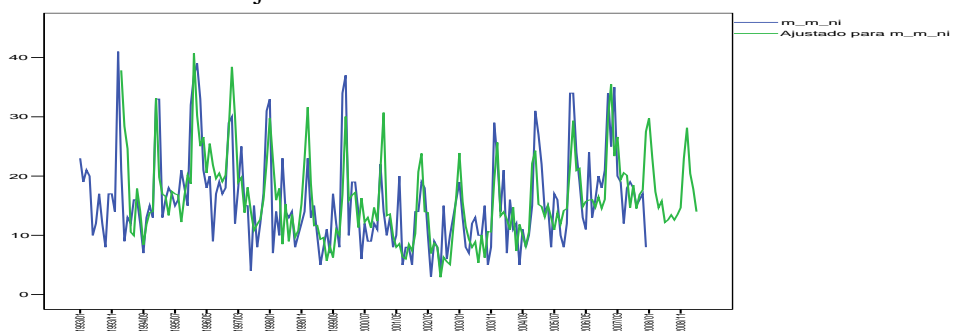
Cuadro 35. Valores de los pronósticos de las neumonías de las neumonías e influencias en mujeres en el AMM

	Pronóstico Puntual	Intervalo de Confianza al 90%	
		L. Inferior	L. Superior
2008/01	30	20	40
2008/02	23	13	33
2008/03	17	7	28
2008/04	15	4	25
2008/05	16	5	27
2008/06	12	1	23
2008/07	13	1	24
2008/08	13	2	25
2008/09	13	1	24
2008/10	14	1	26
2008/11	15	2	27
2008/12	23	10	36
2009/01	28	15	41
2009/02	20	7	34
2009/03	18	4	31
2009/04	14	0	28

Gráfica 50. Serie de tiempo real, la ajustada y los intervalos de confianza para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias en mujeres en el AMM



Gráfica 51. Serie de tiempo real y la ajustada para los pronósticos de los fallecimientos por neumonías e influencias en mujeres en el AMM



Cuadro 36. Resumen de los coeficientes de los modelos ajustados de las enfermedades respiratorias en el AMM

Respiratorias en el AMM				
Coeficientes de los modelos ajustados en las enfermedades respiratorias para el AMM				
		Total	Hombre	Mujer
		(4,1,0)(0,0,1)	(4,1,0)(0,0,0)	(5,1,0)(0,0,1)
AR	1	-0.564	-0.601	-0.707
	2	-0.624	-0.558	-0.825
	3	-0.434	-0.425	-0.614
	4	-0.299	-0.327	-0.441
	5			-0.239
	6			
SMA	1	-0.211		-0.216
	2			
	prom_con	0.463	0.325	0.186
	prom_temp	-3.996	-1.893	-2.04
	prom_dir	-0.609	-0.38	-0.285
	prom_vel	-	-	-
	prom_tmáx	-	-	-
	prom tmín	-	-	-

Cuadro 37. Resumen de los coeficientes de los modelos ajustados en las neumonías e influencias en el AMM

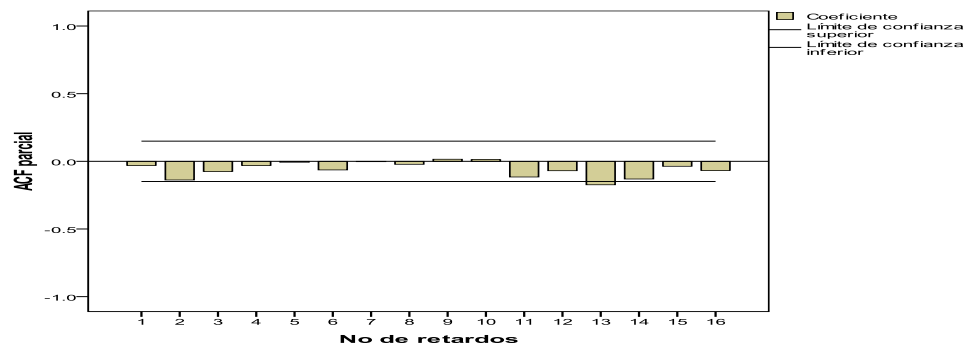
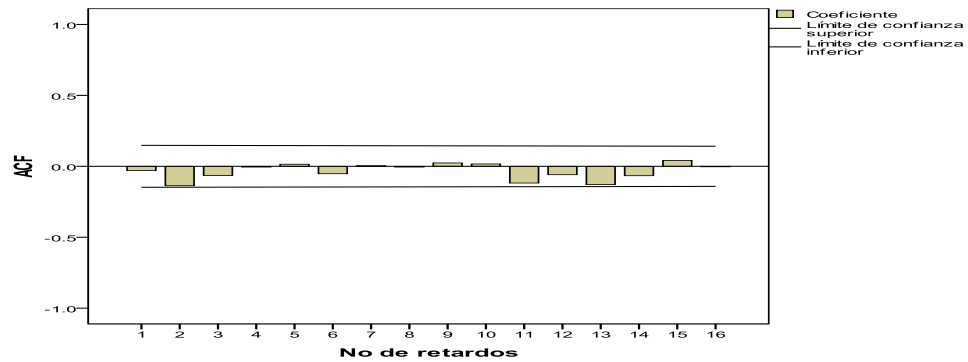
Coeficientes de los modelos ajustados en las en las neumonías e influencias para el AMM				
		Total	Hombre	Mujer
		(6,1,0)(0,1,1)	(6,1,0)(0,1,2)	(12,1,0)(0,1,1)
AR	1	-0.731	-0.736	-0.836
	2	-0.547	-0.43	-0.823
	3	-0.3	-0.216	-0.586
	4	-0.282	-0.34	-0.5
	5	-0.304	-0.321	-0.462
	6	-0.253	-0.27	-0.256
	7	1	0.985	-0.196
	8		-0.093	-0.097
	9			-0.07
	10			-0.061
	11			-0.048
	12			-0.001
SMA	1			0.975
	prom_con	-	-	-
	prom_temp	-	-	-
	prom_dir	-0.21	-0.154	-
	prom_vel	-	-	-
	prom_tmáx	-	-	-
	prom_tmín	-	-	-0.353

Modelos de regresión de Poisson

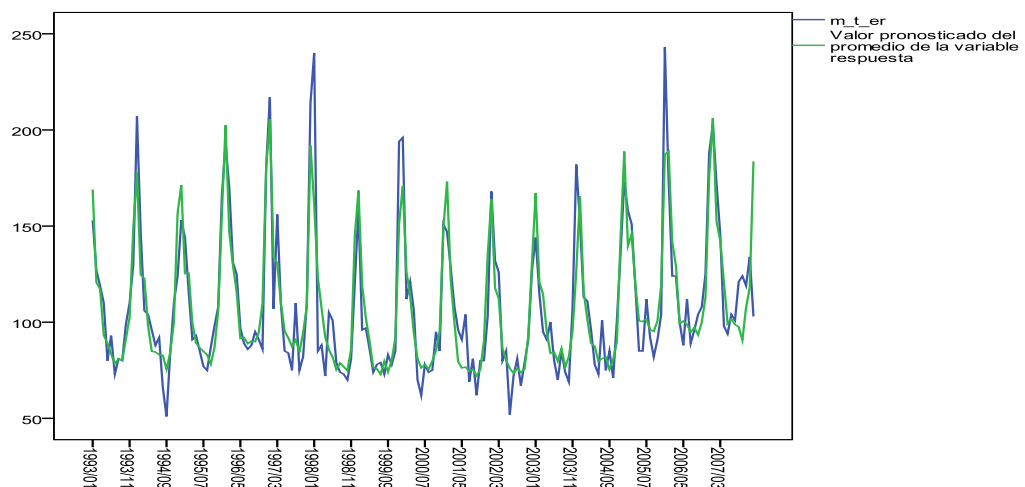
Cuadro 38. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales en las enfermedades respiratorias en el AMM

Parámetro	Coeficientes	Prueba de Hipótesis	
		Wald Chi-Cuadrada	Valor de p
(Intercepto)	5.154	1247.674	.000
[AÑO=1993]	-.197	21.784	.000
[AÑO=1994]	-.205	23.572	.000
[AÑO=1995]	-.232	23.926	.000
[AÑO=1996]	-.170	12.626	.000
[AÑO=1997]	-.179	12.822	.000
[AÑO=1998]	-.309	40.016	.000
[AÑO=1999]	-.316	47.512	.000
[AÑO=2000]	-.265	34.549	.000
[AÑO=2001]	-.273	47.374	.000
[AÑO=2002]	-.270	45.444	.000
[AÑO=2003]	-.188	22.101	.000
[AÑO=2004]	-.174	15.718	.000
[AÑO=2005]	.010	.063	.802
[AÑO=2006]	-.067	3.058	.080
[AÑO=2007]	0 ^a	.	.
[MES=ENERO]	.124	18.396	.000
[MES=FEBRERO]	-.219	34.721	.000
[MES=MARZO]	-.313	32.792	.000
[MES=ABRIL]	-.501	46.524	.000
[MES=MAYO]	-.593	40.672	.000
[MES=JUNIO]	-.585	29.838	.000
[MES=JULIO]	-.611	31.554	.000
[MES=AGOSTO]	-.614	33.383	.000
[MES=SEPTIEMBRE]	-.677	55.506	.000
[MES=OCTUBRE]	-.623	83.936	.000
[MES=NOVIEMBRE]	-.447	114.585	.000
[MES =DICIEMBRE]	0 ^a	.	.
prom_con	-.002	4.724	.030
prom_temp	.016	3.262	.071
prom_dir	-.003	8.290	.004
prom_vel	-.010	1.236	.266
prom_tmax	.009	4.209	.040
prom_tmin	-.011	6.281	.012

Gráficas 52 y 53. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos total causados por enfermedades respiratorias en el AMM



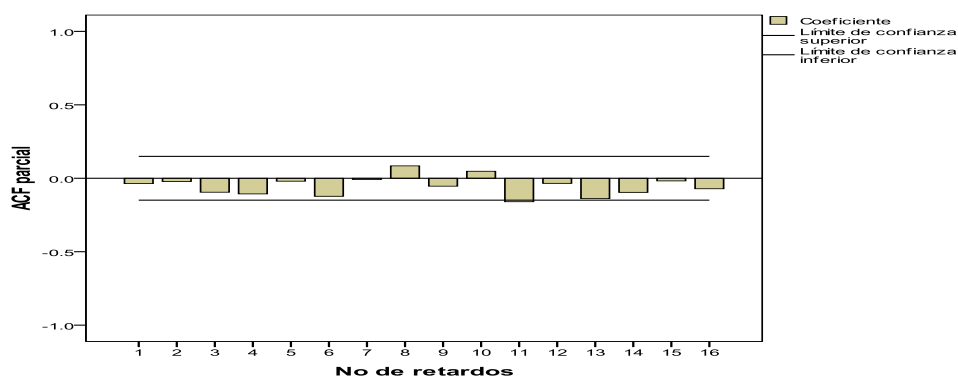
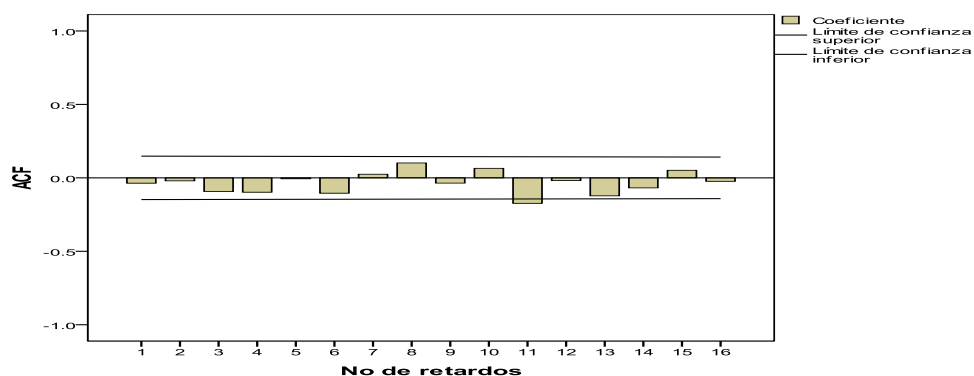
Grafica 54. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por enfermedades respiratorias en el AMM



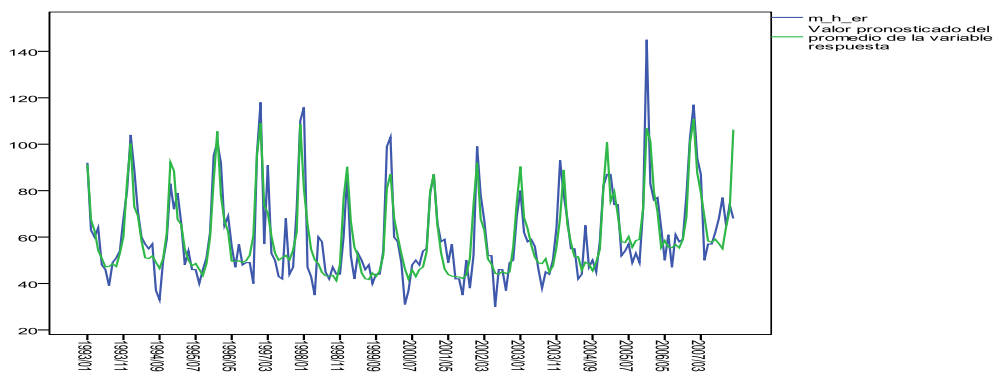
Cuadro 39. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos de hombres en las enfermedades respiratorias en el AMM

Parámetro	Coeficientes	Prueba de Hipótesis	
		Wald Chi-Cuadrada	Valor de p
(Intercepto)	4.562	548.568	.000
[AÑO=1993]	-.194	12.036	.001
[AÑO=1994]	-.164	8.704	.003
[AÑO=1995]	-.265	17.381	.000
[AÑO=1996]	-.228	12.520	.000
[AÑO=1997]	-.186	7.774	.005
[AÑO=1998]	-.362	30.516	.000
[AÑO=1999]	-.345	31.840	.000
[AÑO=2000]	-.303	25.458	.000
[AÑO=2001]	-.320	36.793	.000
[AÑO=2002]	-.277	27.772	.000
[AÑO=2003]	-.189	12.829	.000
[AÑO=2004]	-.143	6.081	.014
[AÑO=2005]	-.002	.001	.973
[AÑO=2006]	-.098	3.755	.053
[AÑO=2007]	0 ^a	.	.
[MES=ENERO]	.076	3.743	.053
[MES=FEBRERO]	-.223	20.132	.000
[MES=MARZO]	-.355	23.463	.000
[MES=ABRIL]	-.502	26.405	.000
[MES=MAYO]	-.598	23.407	.000
[MES=JUNIO]	-.620	18.975	.000
[MES=JULIO]	-.604	17.441	.000
[MES=AGOSTO]	-.616	18.843	.000
[MES=SEPTIEMBRE]	-.625	26.495	.000
[MES=OCTUBRE]	-.578	40.311	.000
[MES=NOVIEMBRE]	-.394	50.479	.000
[MES=DICIEMBRE]	0 ^a	.	.
prom_con	.000	.318	.573
prom_temp	.015	1.686	.194
prom_dir	-.004	10.215	.001
prom_vel	-.002	.025	.875
prom_tmax	.009	2.494	.114
prom_tmin	-.008	1.995	.158

Gráficas 55 y 56. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por enfermedades respiratorias en el AMM



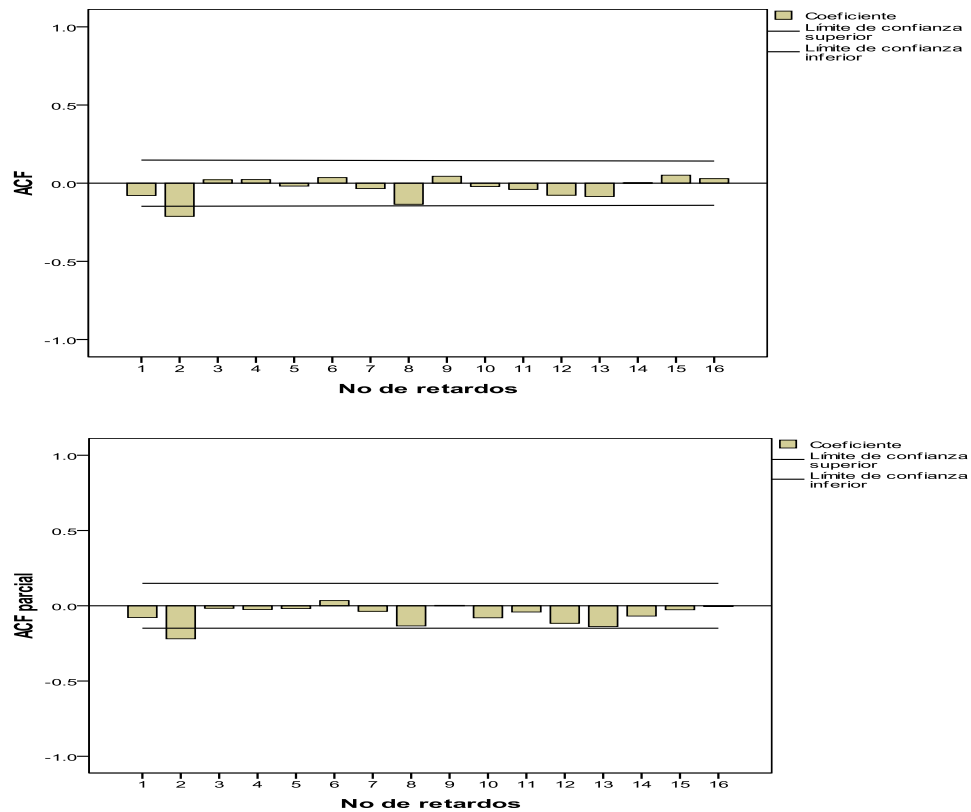
Grafica 57. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por enfermedades respiratorias en el AMM



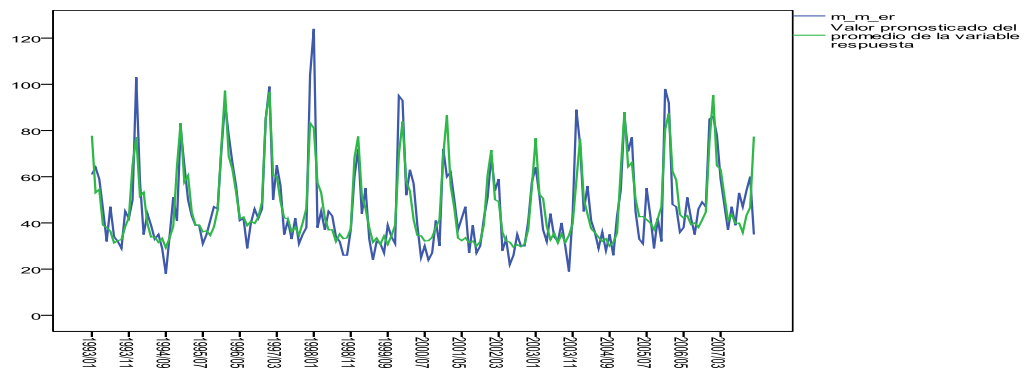
Cuadro 40. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos de mujeres en las enfermedades respiratorias en el AMM

Parámetro	Coeficientes	Prueba de Hipótesis	
		Wald Chi-Cuadrada	Valor de p
(Intercepto)	4.346	388.735	.000
[AÑO=1993]	-.198	9.487	.002
[AÑO=1994]	-.258	15.688	.000
[AÑO=1995]	-.185	6.720	.010
[AÑO=1996]	-.092	1.648	.199
[AÑO=1997]	-.162	4.666	.031
[AÑO=1998]	-.238	10.531	.001
[AÑO=1999]	-.285	16.798	.000
[AÑO=2000]	-.212	9.684	.002
[AÑO=2001]	-.212	12.536	.000
[AÑO=2002]	-.261	17.967	.000
[AÑO=2003]	-.189	9.519	.002
[AÑO=2004]	-.214	10.113	.001
[AÑO=2005]	.023	.163	.687
[AÑO=2006]	-.027	.207	.649
[AÑO=2007]	0 ^a	.	.
[MES=ENERO]	.181	17.918	.000
[MES=FEBRERO]	-.213	14.488	.000
[MES=MARZO]	-.259	9.834	.002
[MES=ABRIL]	-.494	19.711	.000
[MES=MAYO]	-.582	17.003	.000
[MES=JUNIO]	-.532	10.749	.001
[MES=JULIO]	-.618	13.929	.000
[MES=AGOSTO]	-.616	14.672	.000
[MES=SEPTIEMBRE]	-.737	28.879	.000
[MES=OCTUBRE]	-.674	43.311	.000
[MES=NOVIEMBRE]	-.516	65.604	.000
[MES=DICIEMBRE]	0 ^a	.	.
prom_con	-.003	6.463	.011
prom_temp	.015	1.308	.253
prom_dir	-.001	.523	.469
prom_vel	-.019	2.011	.156
prom_tmax	.009	1.779	.182
prom_tmin	-.014	4.464	.035

Gráficas 58 y 59. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por enfermedades respiratorias en el AMM



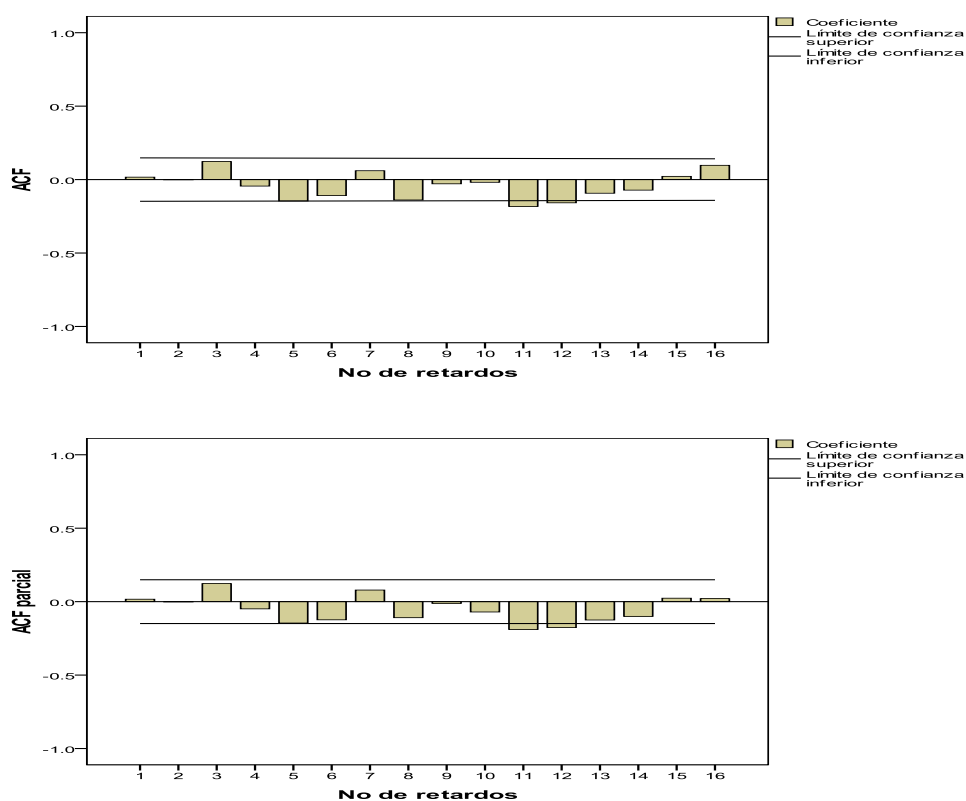
Grafica 60. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por enfermedades respiratorias en el AMM



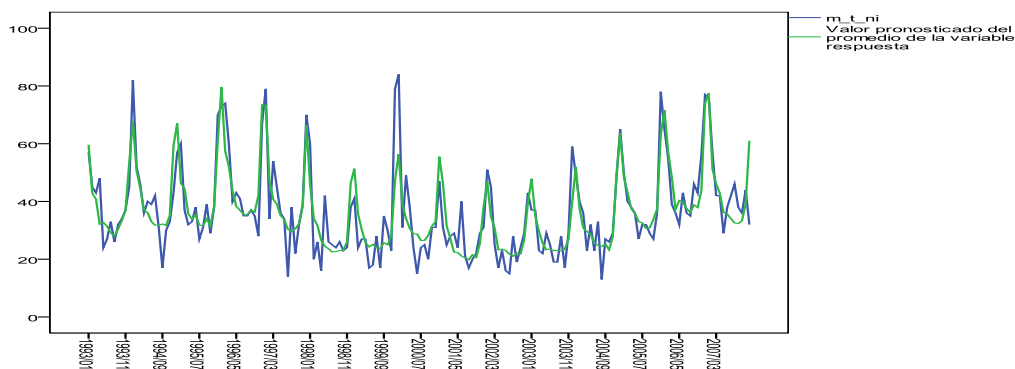
Cuadro 41. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales en las neumonías e influencias en el AMM

Parámetro	Coeficientes	Prueba de Hipótesis	
		Wald Chi-Cuadrada	Valor de p
(Intercepto)	4.447	318.537	.000
[AÑO=1993]	-.158	4.858	.028
[AÑO=1994]	-.059	.691	.406
[AÑO=1995]	-.066	.662	.416
[AÑO=1996]	.038	.216	.642
[AÑO=1997]	-.100	1.341	.247
[AÑO=1998]	-.373	18.593	.000
[AÑO=1999]	-.347	18.447	.000
[AÑO=2000]	-.214	7.635	.006
[AÑO=2001]	-.496	47.350	.000
[AÑO=2002]	-.435	36.779	.000
[AÑO=2003]	-.410	32.549	.000
[AÑO=2004]	-.282	13.605	.000
[AÑO=2005]	-.022	.116	.733
[AÑO=2006]	.109	2.893	.089
[AÑO=2007]	0 ^a	.	.
[MES=ENERO]	.094	3.624	.057
[MES=FEBRERO]	-.202	10.120	.001
[MES=MARZO]	-.262	7.575	.006
[MES=ABRIL]	-.341	7.235	.007
[MES=MAYO]	-.283	3.164	.075
[MES=JUNIO]	-.247	1.806	.179
[MES=JULIO]	-.287	2.347	.126
[MES=AGOSTO]	-.316	2.977	.084
[MES=SEPTIEMBRE]	-.342	4.812	.028
[MES=OCTUBRE]	-.456	15.100	.000
[MES=NOVIEMBRE]	-.401	30.991	.000
[MES=DICIEMBRE]	0 ^a	.	.
prom_con	.000	.197	.657
prom_temp	-.009	.356	.551
prom_dir	-.001	.722	.395
prom_vel	.001	.005	.945
prom_tmax	.002	.080	.778
prom_tmin	-.015	3.890	.049

Gráficas 61 y 62. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales causados por neumonías e influencias en el AMM



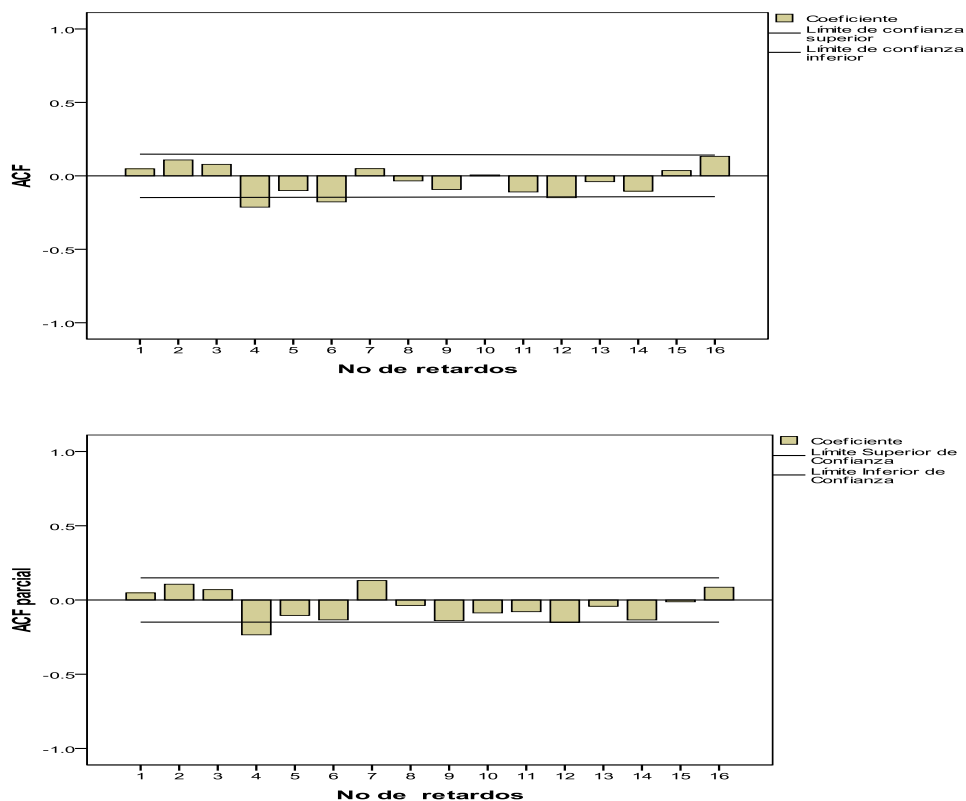
Grafica 63. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos totales causados por neumonías e influencias en el AMM



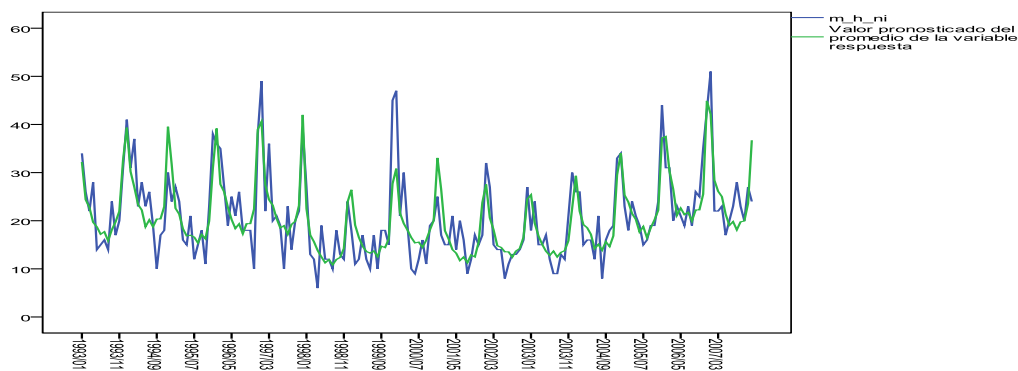
Cuadro 42. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en los hombres en las neumonías e influencias en el AMM

Parámetro	Coeficientes	Prueba de Hipótesis	
		Wald Chi-Cuadrada	Valor de p
(Intercepto)	4.122	156.780	.000
[AÑO=1993]	-.167	3.115	.078
[AÑO=1994]	-.004	.002	.968
[AÑO=1995]	-.222	4.124	.042
[AÑO=1996]	-.093	.710	.399
[AÑO=1997]	-.085	.559	.455
[AÑO=1998]	-.525	20.174	.000
[AÑO=1999]	-.408	14.365	.000
[AÑO=2000]	-.249	5.926	.015
[AÑO=2001]	-.476	25.594	.000
[AÑO=2002]	-.379	16.604	.000
[AÑO=2003]	-.412	18.624	.000
[AÑO=2004]	-.221	4.897	.027
[AÑO=2005]	-.034	.151	.698
[AÑO=2006]	.072	.725	.395
[AÑO=2007]	0 ^a	.	.
[MES=ENERO]	-.005	.007	.935
[MES=FEBRERO]	-.296	12.235	.000
[MES=MARZO]	-.360	8.153	.004
[MES=ABRIL]	-.415	6.173	.013
[MES=MAYO]	-.414	3.887	.049
[MES=JUNIO]	-.481	3.926	.048
[MES=JULIO]	-.438	3.149	.076
[MES=AGOSTO]	-.525	4.681	.031
[MES=SEPTIEMBRE]	-.448	4.713	.030
[MES=OCTUBRE]	-.511	10.866	.001
[MES=NOVIEMBRE]	-.418	19.608	.000
[MES=DICIEMBRE]	0 ^a	.	.
prom_con	.000	.119	.730
prom_temp	-.003	.019	.891
prom_dir	-.003	1.721	.190
prom_vel	.011	.283	.595
prom_tmax	-.004	.136	.712
prom_tmin	-.011	1.341	.247

Gráficas 64 y 65. Función de autocorrelación simple y parcial de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por neumonías e influencias en el AMM



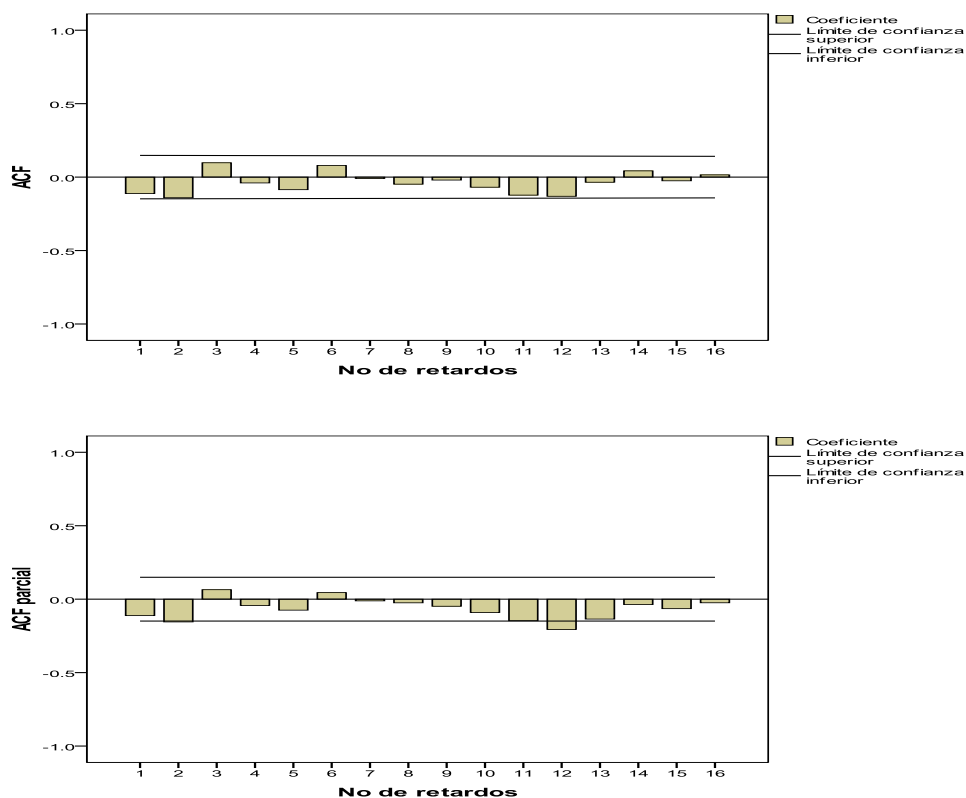
Grafica 65. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en hombres causados por neumonías e influencias en el AMM



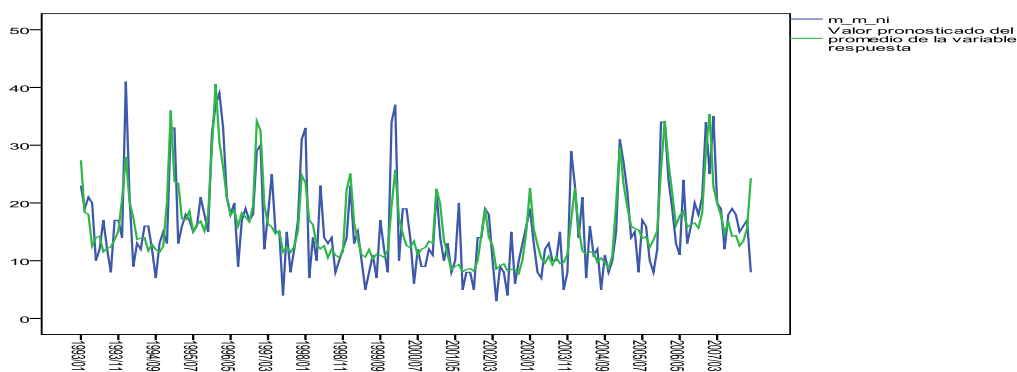
Cuadro 43. Valores de los coeficientes en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en las mujeres en las neumonías e influencias en el AMM

Parámetro	Coeficientes	Prueba de Hipótesis	
		Wald Chi-Cuadrada	Valor de p
(Intercepto)	3.272	73.530	.000
[AÑO=1993]	-.149	1.849	.174
[AÑO=1994]	-.146	1.744	.187
[AÑO=1995]	.114	.906	.341
[AÑO=1996]	.191	2.434	.119
[AÑO=1997]	-.127	.917	.338
[AÑO=1998]	-.191	2.185	.139
[AÑO=1999]	-.270	4.850	.028
[AÑO=2000]	-.168	2.027	.155
[AÑO=2001]	-.523	21.806	.000
[AÑO=2002]	-.514	20.733	.000
[AÑO=2003]	-.408	13.891	.000
[AÑO=2004]	-.367	9.561	.002
[AÑO=2005]	-.007	.005	.942
[AÑO=2006]	.158	2.636	.104
[AÑO=2007]	0 ^a	.	.
[MES=ENERO]	.223	8.996	.003
[MES=FEBRERO]	-.079	.678	.410
[MES=MARZO]	-.133	.842	.359
[MES=ABRIL]	-.243	1.559	.212
[MES=MAYO]	-.106	.189	.664
[MES=JUNIO]	.064	.052	.819
[MES=JULIO]	-.080	.078	.780
[MES=AGOSTO]	-.036	.017	.896
[MES=SEPTIEMBRE]	-.200	.704	.402
[MES=OCTUBRE]	-.382	4.528	.033
[MES=NOVIEMBRE]	-.376	11.350	.001
[MES=DICIEMBRE]	0 ^a	.	.
prom_con	.000	.114	.736
prom_temp	-.017	.563	.453
prom_dir	.001	.066	.797
prom_vel	-.012	.255	.613
prom_tmax	.011	.830	.362
prom_tmin	-.020	3.003	.083

Gráfica 66. Función de autocorrelación simple de los residuales del modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por neumonías e influencias en el AMM

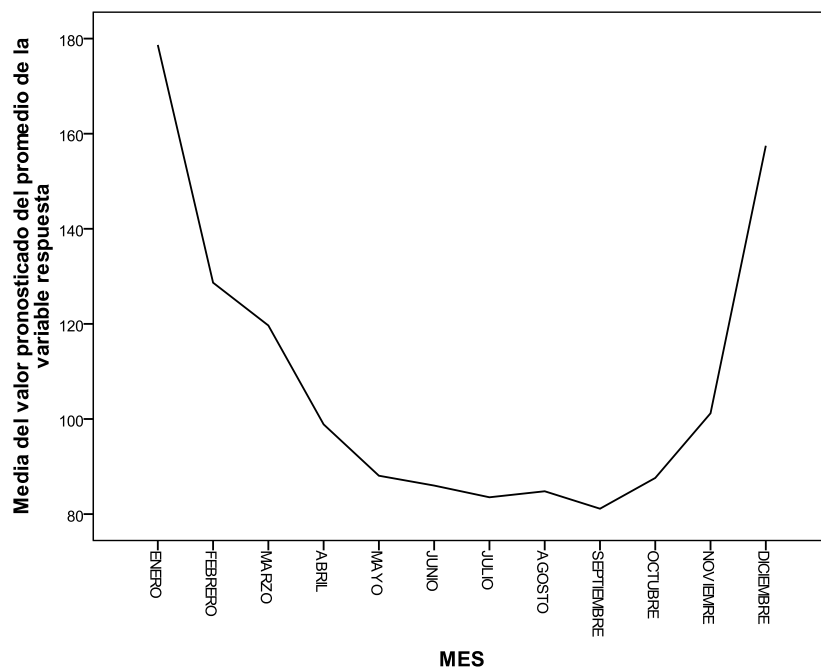


Grafica 68. Serie de tiempo real y el ajustado en el modelo de regresión de Poisson en los fallecimientos en mujeres causados por neumonías e influencias en el AMM

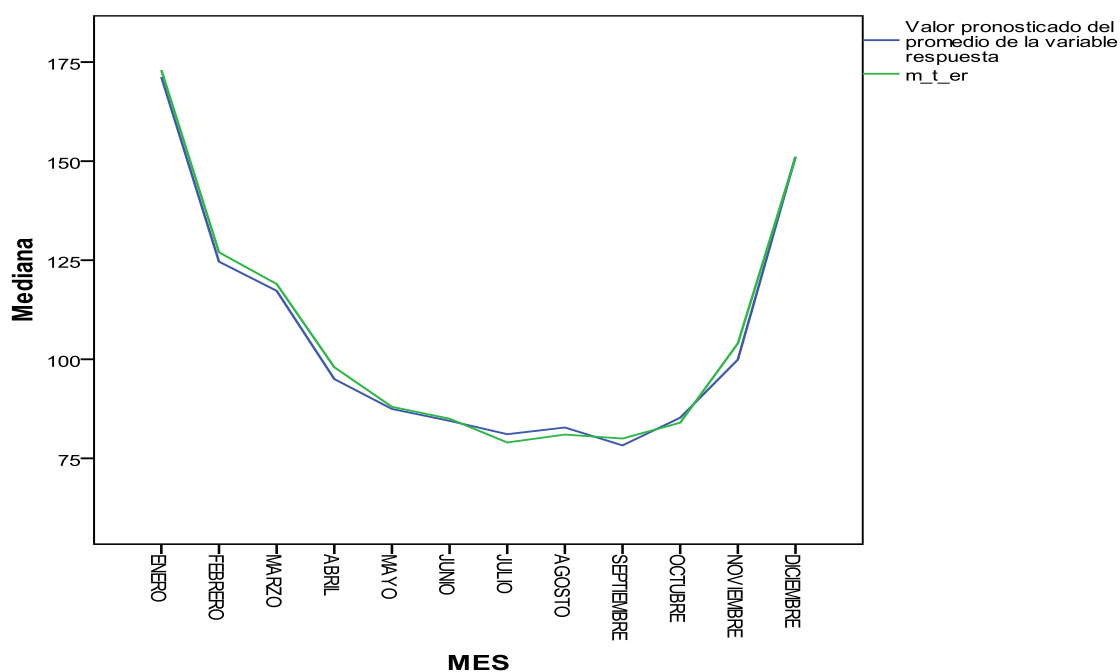


Y finalmente, se presentan gráficas para la serie de los fallecimientos ocasionados por enfermedades respiratorias totales.

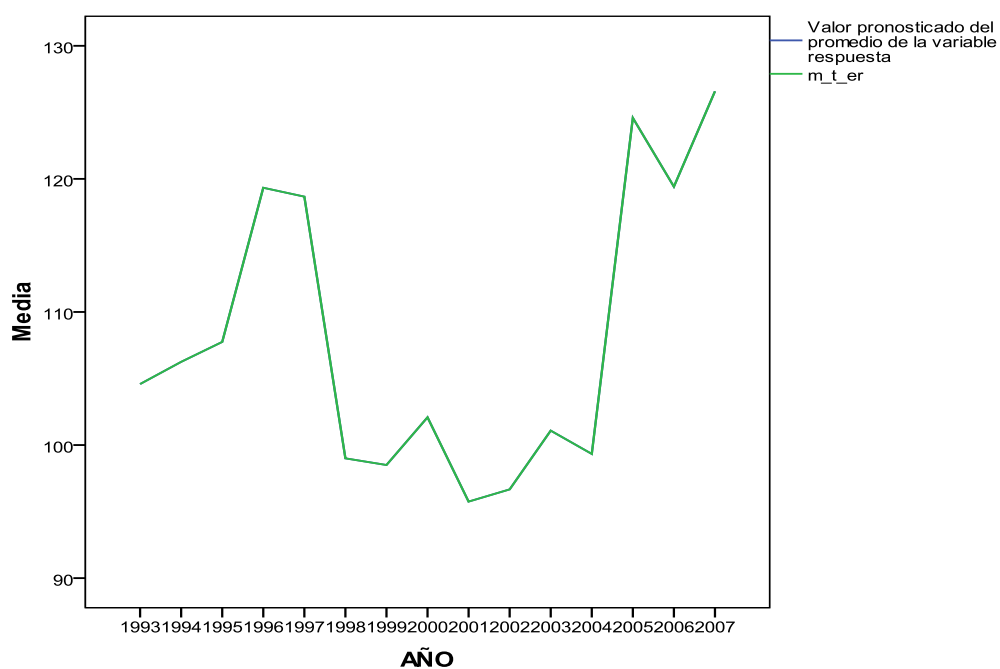
Grafica 69. Media del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta por mes.



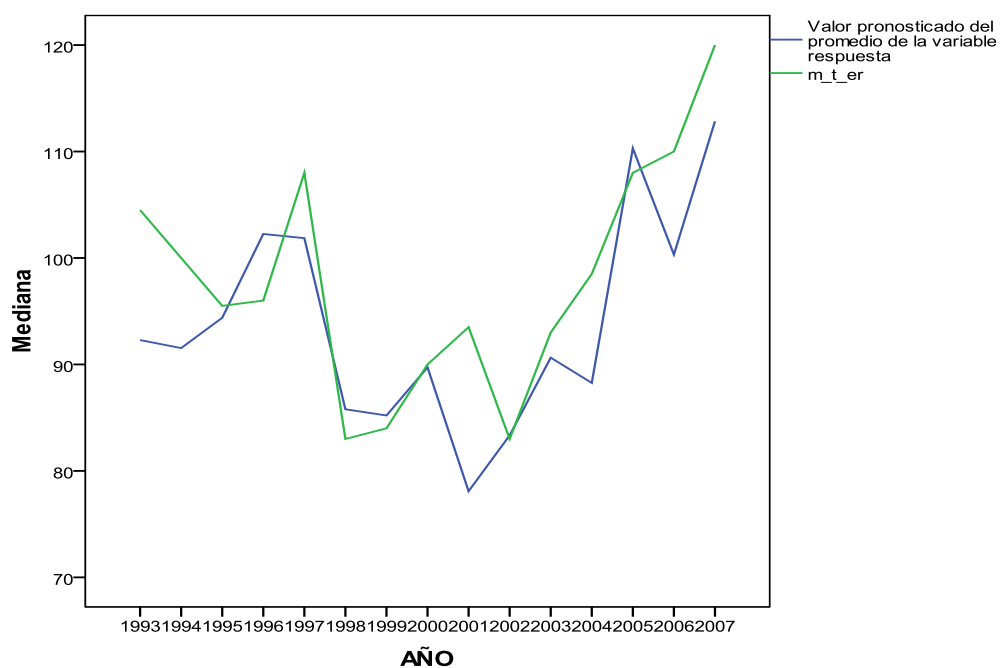
Grafica 70. Mediana del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta con los valores reales de los fallecimientos ocasionados por enfermedades respiratorias por mes.



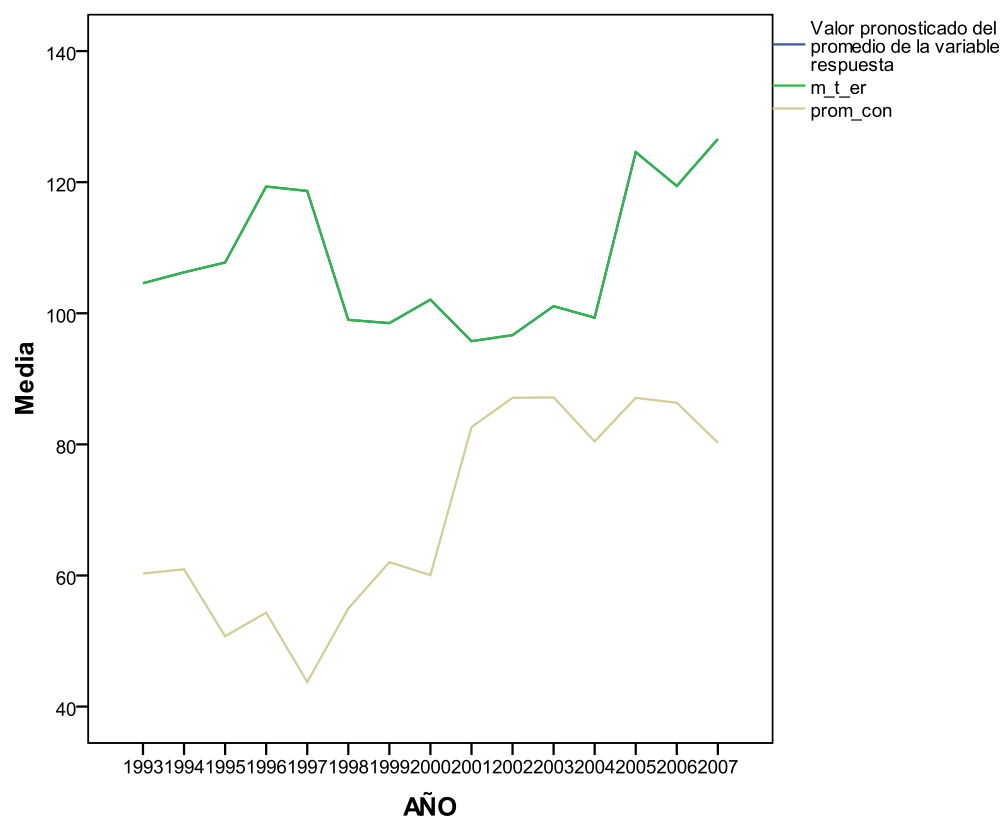
Grafica 71. Media del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta por año.



Grafica 72. Mediana del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta con los valores reales de los fallecimientos ocasionados por enfermedades respiratorias por año.



Gráfica 73. Media del valor pronosticado del promedio de la variable respuesta, los fallecimientos ocasionados por enfermedades respiratorias totales y la concentración de las PM_{10} anual.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La contaminación del aire por PM_{10} en el AMM, ha mantenido niveles de concentración no deseables para la salud pública. Lo que hace posible determinar que se está en el momento adecuado y oportuno para tomar acciones de control y vigilancia en la mitigación del deterioro del aire.

El presente trabajo llevó a cabo una aplicación de los modelos Box Jenkins y regresión de Poisson en la contaminación del aire por PM_{10} en el AMM. Las estimaciones consistieron en realizar pronósticos en cada una de las estaciones de monitoreo en funcionamiento, así como analizar la asociación entre la contaminación del aire y los fallecimientos por enfermedades respiratorias. Los resultados de los pronósticos indican que la zona más afectada por este contaminante es la estación ubicada en el Suroeste del AMM.

La utilización de las variables meteorológicas en la aplicación de los modelos ARIMA para estimar los valores futuros, son útiles para entender el comportamiento de la calidad de aire en el AMM. Al considerar los valores de los pronósticos, estos deben ser tomados con la reserva que lo amerita, al tratarse de fenómenos naturales en las que intervienen tanto los factores ambientales como los meteorológicos y los antropogénicos, afectando directamente la varianza en su comportamiento.

Se presenta un componente estacional en el número de fallecimientos, siendo más notorios para los meses fríos, en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero de la misma manera que se comporta la concentración de las PM_{10} en el AMM.

En los pronósticos con la aplicación de los modelos ARIMA en los fallecimientos totales, de hombres y mujeres, ocasionados por enfermedades respiratorias, se observa que el signo de los coeficientes de los modelos ajustados son los esperados, es decir, en donde el signo de la

concentración de las PM_{10} es positivo y el signo de la variable de la temperatura media mensual es negativo. Y por último en los pronósticos de los fallecimientos totales, de hombres y mujeres, ocasionadas por las neumonías e influencias, se observa que solo para el caso de la mujeres el signo del coeficiente es negativo.

En la aplicación del modelo de regresión de Poisson, en donde se han considerado el efecto del tiempo através de los años y meses, manteniendo todas las variables constantes, en donde se observa claramente el efecto de estacionalidad es altamente significativa. Y además siendo, estadísticamente estrictos con los valores de p de los modelos, para la variable de contaminación del aire por PM_{10} , para un valor de p de 0.01 en ningún modelo es significativa y para un valor de p de 0.05, solo en los modelos de los fallecimientos totales y de mujeres ocasionados por enfermedades respiratorias es significativo pero con signo negativo, en donde se muestra que la contribución es muy limitada. Además el estadístico de Wald, Chi-Cuadrada calculada es 4.724, contrastando con los valores observados para año y mes.

Al considerar las variables $prom_con$, $prom_temp$, $prom_dir$, $prom_vel$, $prom_tmax$, $prom_tmin$ y un valor de $\alpha=0.01$ solamente la variable dirección del viento es significativa y con signo negativo, para los modelos de fallecimientos totales y de hombres ocasionadas por enfermedades respiratorias, en donde se observa que la estadística de Wald, Chi-Cuadrada es modesta, para cada modelo.

En base a los resultados de esta investigación, se concluye, la existencia de una asociación positiva de los fallecimientos ocasionadas por enfermedades respiratorias con la contaminación del aire por las PM_{10} en el AMM.

Por lo tanto, los resultados destacan la necesidad de instrumentar acciones para controlar y vigilar los problemas de contaminación atmosférica y evitar que empeore la situación actual de la contaminación del aire que perjudica a la salud de la población del AMM.

Finalmente, y a manera de recomendación para próximos estudios, una de las limitantes de este trabajo fue la insuficiencia de datos en las variables meteorológicas, tales como radiación solar, presión atmosférica, humedad relativa, precipitación pluvial. La incorporación de estas variables en los modelos estadísticos permitirán entender mejor el comportamiento del fenómeno de la contaminación.

En lo particular, dado que no se tienen datos del contaminante de las partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$), no fue posible modelar dicha variable. El pronósticos de la contaminación del aire por las $PM_{2.5}$ en el AMM, contaminante considerado más nocivo para la salud humana debido a su pequeño tamaño, sería de mucha utilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Protección al Medio Ambiente. Reporte de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana de Monterrey 2005.

Bowerman, B. L., O'Connell, R.T. (2005). "Forecasting, Time Series, and Regression". Thomson Brooks/Cole.

Box, G.E.P. y Jenkins, G.M. (1976). "Time series analysis, forecasting and control", Holden-Day, San Francisco.

Diario Oficial de la Federación, viernes 23 de diciembre de 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993, Salud ambiental.

Diario Oficial de la Federación, viernes 23 de diciembre de 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental.

Diario Oficial de la Federación, viernes 23 de diciembre de 1994. NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-1993, Salud ambiental.

Diario Oficial de la Federación, viernes 23 de diciembre de 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993, Salud ambiental.

Diario Oficial de la Federación, lunes 26 de septiembre de 2005. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental.

Diario Oficial de la Federación, lunes 26 de septiembre de 2005. Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993, Salud ambiental.

Gobierno del Estado de Nuevo León, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Secretaría de Salud. Programa de Administración de la Calidad de Aire en el Área Metropolitana de Monterrey 1997 – 2000.

Gobierno del Estado de Nuevo León. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2004 – 2009.

Gobierno del Estado de Nuevo León. Sistema Integral de Monitoreo Ambiental. http://www.nl.gob.mx/?P=med_amb_mej_amb_sima (consultado 15 de agosto de 2009).

Guajardo, Q.R. y Arrambide O. J. (2002). “Índices de intensidad de contaminación atmosférica: una aplicación para El área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México.” *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 18 (4).

Guerrero, V.M. (1991). *Análisis Estadístico de Series de Tiempo Económicas*. México: UAM.

Hernández, C. L., Tellez, R. M. M., Sanin, A. L. H., Lacasaña, N.M., Campos, M. A. y Romieu, I. (2000). “Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua.” *Salud pública de México* vol. 42.

Instituto Nacional de Ecología (INE – SEMARNAT 2007). *Tercer almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades mexicanas*.

Jiménez, B. E. *La contaminación ambiental en México* (2005): “Causas, efectos y tecnología aplicada”. Limusa.

Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., Neter, J. (2004). “*Applied linear regression models*”. Fourth Edition. McGraw-Hill.

Ostro B. D. (1998) “Como estimar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud.” *Estudios Públicos*.

Reyna, C. M. A., Quintero, N. M., Collins, K., Vildósola R. L.(2004). “Análisis de la relación de las partículas suspendidas menores a 10 micras con las enfermedades respiratorias en la población urbana de Mexicali, Baja California: Un estudio de series de tiempo.” *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica* vol. XXIV no.2.

Sánchez, J., Romieu, I., Ruiz, S., Pino, P., Gutiérrez, M. (1999). “Efectos agudos de las partículas respirables y del dióxido de azufre sobre la salud respiratoria en niños del área industrial de Puchuncavi, Chile.” *Revista Panam Salud Pública* 6(6).

Wagner, C., Wark, K. (1994). “*Contaminación del aire. Origen y control*”. Limusa Noriega Editores.